TOME XXVI, N° 1-3. 1958.

BULLETIN

DE

L'INSTITUT AGRONOMIQUE

ET DES

STATIONS DE RECHERCHES

DE

GEMBLOUX

INSTITUT AGRONOMIQUE
DE L'ÉTAT
GEMBLOUX (BELGIQUE)

NSP
RAM
COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
20 APR 1959

Sommaire

BALLIGAND, E. — Notes sur l'usinage des bois à la scie à ruban. 3

BALLIGAND, E. — Tracé expérimental d'une ligne de τ dans le diagramme de Mollier relatif à l'air humide. 7

DE LEENHEER, L. — Le problème de la structure du sol et ses aspects pratiques . 13

KIOURTSAKIS, Ch., NANGNIOT, P. et MARTENS, P. H. — Détermination polarographique simultanée de l'acide ascorbique et de l'étain dans les jus de fruits. 66

LEDENT, A. — La consommation des graisses alimentaires et le problème du beurre en Belgique. 83

MELAMED, N., NANGNIOT, P. et MARTENS, P. H. — Le comportement polarographique de la nicotine et de la nornicotine. 103

NEURAY, G. et NISEN, A. — Possibilités d'utilisation des polyesters stratifiés en construction horticole. Résultat des premiers essais pratiques : comparaison avec divers matériaux à base de verre. 116

NOULARD, L. — Mutations induites par rayon X chez *Triticum aestivum* L. . 135

PECROT, A. et AVRIL, P. — Les sols ardennais. II. Étude morphologique et génétique des sols hydromorphes associés aux sols bruns acides et aux sols podzoliques du Plateau de Saint-Hubert. 151

RIGOT, N., NYS, L. et LECOMTE, R. — L'ensilage des fanes de pommes de terre. Étude économique et valeur alimentaire. 170

SEMAL, J. — Sur quelques isolements du virus de la mosaïque du concombre. . 194

SEMAL, J. — Une variante du virus de la mosaïque du concombre isolée de colza. 203

SINE, L. et MEINGUET, J. — Contribution à l'étude hydraulique des nappes de drainage. 208

TRZCINSKI, T. et LENGER, A. — Influence de l'opérateur sur l'échantillonnage foliaire du pommier. 235

TRZCINSKI, T., LIARD, O. et LENGER, A. — Contribution à l'échantillonnage foliaire du pommier. Échantillonnage au hasard. Échantillonnage dirigé. . . . 281

VAN DEN BRUEL, W. R. et MOENS, R. — Nouvelles observations sur les propriétés des hélicides.

DEMORTIER, G. — Observations météorologiques de l'année 1957. 305

Le *Bulletin de l'Institut Agronomique et des Stations de Recherches de Gembloux* paraît normalement quatre fois par an. Toutefois, provisoirement, le nombre des livraisons a dû être limité.

Le prix de l'abonnement est de 175 francs par an, somme à verser au compte de chèques postaux n° 7621.08 du Bulletin de l'Institut Agronomique de Gembloux (Belgique) ou à payer par mandat postal.

Prix du présent volume : 150 francs. Pour la commande, prière de s'adresser au Secrétariat du *Bulletin*.

a) **Le Bulletin sera envoyé en échange des publications similaires des Établissements d'Enseignement Supérieur, des publications périodiques des Sociétés scientifiques et des Revues Scientifiques en général.**

b) **Tout ouvrage scientifique dont un exemplaire est adressé à la Rédaction, sera signalé sous la rubrique « Bibliographie ».**

Toute reproduction des articles parus dans le Bulletin est strictement interdite, sans autorisation du Comité de Rédaction.

TOME XXVI, N° 1-3. 1958.

BULLETIN

DE

L'INSTITUT AGRONOMIQUE

ET DES

STATIONS DE RECHERCHES

DE

GEMBLOUX

INSTITUT AGRONOMIQUE
DE L'ÉTAT
GEMBLOUX (BELGIQUE)

Imprimerie UNIVERSA, Wetteren (Belgique)

CHAIRE DE GÉNIE RURAL

Note sur l'usinage des bois à la scie à ruban (*).

par E. Balligand.

Dans une note précédente, nous avons indiqué les résultats de nos essais de sciage sur Limba. Ils consistaient à exprimer l'énergie requise au sciage d'éprouvettes identiques pour différentes vitesses de lame et d'amenage du bois. La figure 1 (1) est la synthèse des premiers résultats.

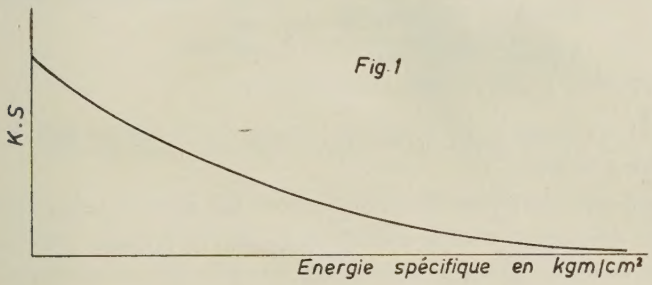


Fig. 1

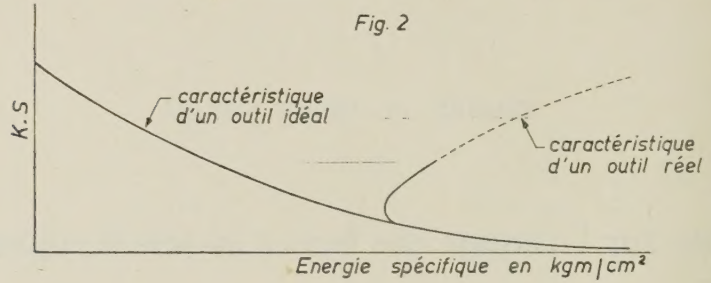
Des essais ultérieurs ont montré :

1) Pour une hauteur de sciage, h, une lame à dents écrasées d'un pas, p, des réserves à copeaux de surfaces, s, et une vitesse d'amenage croissante, l'énergie spécifique devient proportionnelle à l'épaisseur du copeau. (fig. 2). A une hauteur de sciage et à une lame données, correspond une épaisseur de copeau critique, e, pour laquelle l'énergie spécifique est minimum.

(1) K = 1 lorsque h = l'unité de hauteur
K > 1 lorsque h > 1
K < 1 lorsque h < 1
S est la surface latérale du copeau détaché.
Il est le produit de l'épaisseur du copeau et de la hauteur de sciage.

(*) Déposé à la rédaction le 2 mai 1958.

Fig. 2



2) Pour une hauteur de sciage $h' < h$, l'épaisseur critique du copeau $e' > e$.
3) Pour un pas de denture $p' > p$ et des réserves à copeaux de surface $s' > s$ l'épaisseur critique du copeau $e'' > e$.

La relation qui suit est la synthèse des observations 1 et 2

$$e = f\left(\frac{s}{h}\right)$$

dans laquelle e est l'épaisseur critique du copeau.
h la hauteur de sciage.
s la surface des réserves à copeaux.

D'autre part :

Si ϱ est le rapport $\frac{A}{E}$ de la section tranchée par la scie par kgm d'énergie disponible à la lame,

Si ϱ' est le rapport $\frac{\varrho}{t}$ de la section tranchée par unité de temps et par kgm d'énergie disponible, ϱ' est le facteur de qualité de la lame. Une lame est d'autant meilleure qu'elle peut trancher une plus grande section dans l'unité de temps et par kgm d'énergie disponible.

Nous nous sommes attachés à réaliser des dentures à grand facteur de qualité. Le problème est lié à la possibilité d'allier un faible pas de denture à la plus grande réserve à copeaux possible.

$$\varrho' = f\left(\frac{s}{p}\right)$$

où s est la surface d'une réserve à copeaux
p le pas de la denture.

Nous avons arrêté la forme générale de l'outil dans l'esquisse de la fig. 3.

La fig. 4 en est une transposition plus rigide, dans laquelle chaque dent prend appui sur sa voisine. La réserve à copeaux se trouve au dessus de l'arrête tranchante de la dent, à laquelle elle communique par un canal usiné dans les 3/5^e de l'épaisseur du ruban. Les dents sont avoyées au maximum,

soit de la moitié de l'épaisseur du ruban. Le pas de la denture est de 18 mm.

CALCUL DE LA VITESSE THÉORIQUE D'AMENAGE DE LA GRUME.

soit : Une grume de Limba de 0,5 m de diamètre.

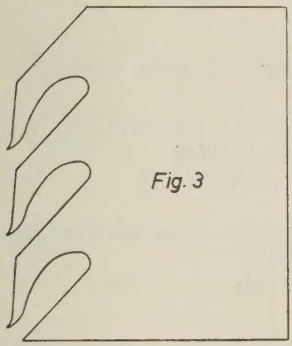


Fig. 3

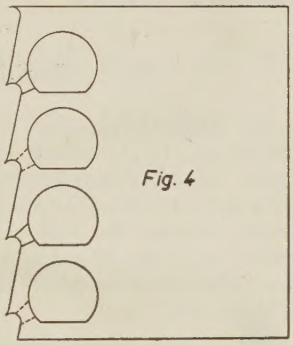


Fig. 4

La lame expérimentale : pas de la denture : 18 mm.
épaisseur du ruban : 0,9 mm.
Surface des réserves à copeaux : 1,8 cm².
Vitesse linéaire : 30 m./sec.

CALCUL DE L'ÉPAISSEUR CRITIQUE DU COPEAU e EN mm.

$$500 \times e = 180 \times k.$$

$$e = \frac{18 \text{ mm}}{100}$$

où k est un coefficient de correction dû au foisonnement auquel nous avons donné la valeur 0,5.

VITESSE D'AMENAGE DE LA GRUME V en mm/sec.

$$V = \frac{18}{100} \frac{30000}{18.2} = 150 \text{ mm/sec.}$$

ESSAIS ET CONCLUSIONS.

1) Les copeaux s'acheminent effectivement vers les réserves à copeaux en remplissant d'abord la partie haute.
2) Les planches détachées sont particulièrement propres.

3) Aux débits élevés il convient de porter le pas à 30 mm.
l'épaisseur du ruban à 12/10e de mm.
de façon à réduire la force horizontale d'amenage et la déformation du ruban.

Ces aménagements sont en cours, nous relaterons incessamment les résultats des essais nouveaux.

BIBLIOGRAPHIE

RHEINECKE. *Sawteeth in action.*
Extrait de *Forest products Research Society.* 1950.
R. ANTOINE. *Contribution à l'étude du sciage des bois*
Inéac série technique, n° 52. 1957.
A. CHARDIN. *L'emploi des scies alternatives pour le sciage des bois tropicaux.*
Centre Technique Forestier Tropical. 1955.
PETITPAS. *Technique raisonnée de l'usinage du bois.*
Eyrolles 1947.

Nous réiterons nos remerciments à Monsieur le Professeur Fouarge, directeur de la station de sylviculture, à qui il a plu de faire exécuter différents profils de lame que nous lui avons soumis.

CHAIRE DE GÉNIE RURAL

Tracé expérimental d'une ligne de τ dans le diagramme de Mollier relatif à l'air humide (*)

par E. Balligand.

Dans le cadre de la coopération de la chaire de Génie Rural aux travaux du comité de séchage (1), nous nous sommes chargés de vérifier la reproductibilité expérimentale des lignes de τ dans le diagramme de Mollier relatif à l'air humide.

L'équation des lignes de τ est de la forme $i = f(x)$ où i est l'enthalpie spécifique de l'air de séchage et x son taux d'humidité. Elles concernent la période principale de séchage. Elles sont des droites : en effet $\frac{\Delta i}{\Delta x}$ est constant aussi longtemps que la température de la matière humide l'est.

Leur point de concours avec la courbe d'humidité relative de l'air $\varphi = 1$ exprime des caractéristiques (température et tension de vapeur) communes à l'air et à la matière humide.

La connaissance des lignes de τ permet de prédéterminer la température limite d'échauffement de la matière à sécher, en zône principale de séchage. En associant cette information à la température de l'air et au coefficient de transmission calorifique à la matière, il est aisé de calculer le poids d'eau enlevé par unité de temps à une matière peu dense et largement ouverte au milieu extérieur.

Nous montrerons la reproductibilité expérimentale d'une ligne de τ de la façon suivante :

1. Tracé expérimental d'un segment de la ligne de τ limité à ses extrémités par la température et le taux d'humité de l'air entrant et sortant du séchoir.

(*) Déposé à la rédaction le 2 mai 1958.

(1) Le comité de séchage est présidé par Monsieur le professeur Bonnet assisté de Monsieur le professeur Coppens et de Monsieur Wei.

2. Mesure de la température limite d'échauffement de la matière, en période principale de séchage.

3. Tracé théorique de la ligne de τ à partir du point de concours de la courbe $\varphi = 1$ et de l'isotherme température limite d'échauffement.

4. Superposition de la ligne théorique de τ et du segment expérimental.

La matière dont il est question dans le plan exposé ci-dessus est de l'eau. Il est en effet admis qu'une matière humide, largement ouverte au milieu extérieur, se comporte comme de l'eau en période principale de séchage. Sa température et sa tension de vapeur sont celles de l'eau pure dans les mêmes conditions d'évaporation.

L'appareil utilisé est représenté fig. 1.

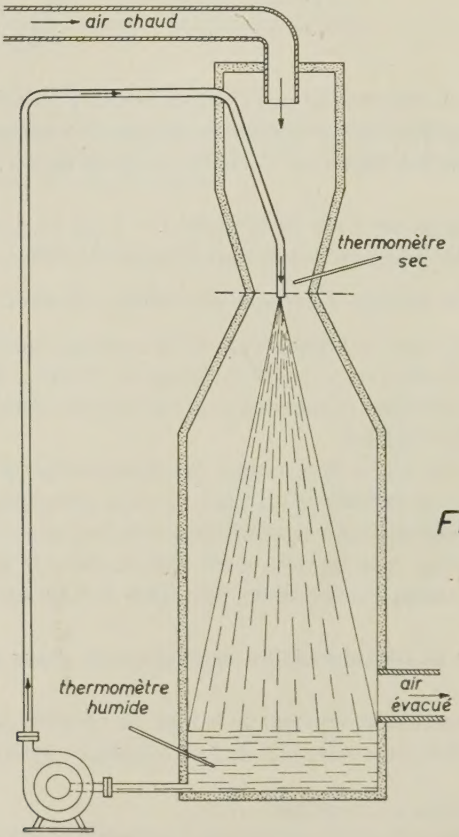


Fig. 1

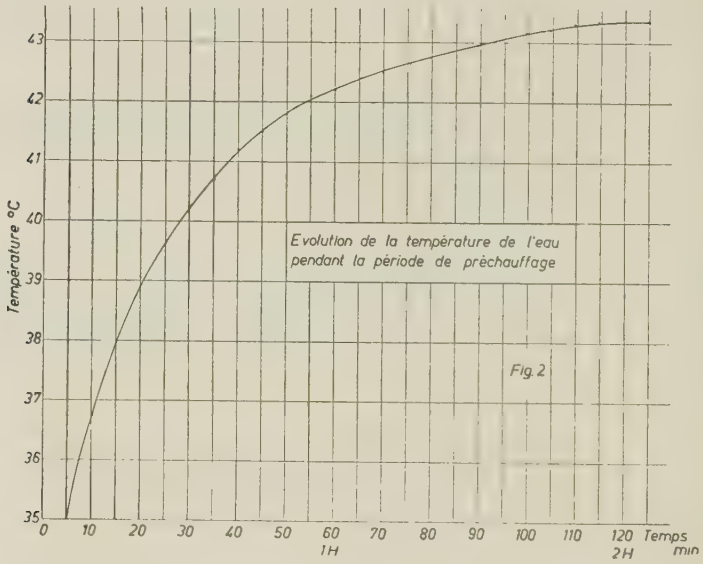
Il est un grand psychromètre en béton de deux mètres de hauteur avec ses thermomètres sec et humide et contenant pour l'essai 14 litres d'eau.

L'eau finement pulvérisée et l'air le traversent dans sa longueur du haut vers le bas. L'air y circule en circuit ouvert et l'eau en circuit fermé. La vitesse relative de l'air par rapport à l'eau est de l'ordre de 5 m sec. L'air entrant est toujours identique à lui-même ; sa température est comprise entre 151 et 152°, son taux d'humidité, 15 mgr d'eau par kg d'air sec.

Le tableau 1 rapporte la température de l'eau relevée aux intervalles de temps indiqués. La fig. 2 est la représentation graphique des résultats. La température de l'eau s'est stabilisée à 43°35, il a fallu deux heures pour l'atteindre.

TABLEAU I.

Temps min.	T°C	Temps min.	T°C	Temps min.	T°C
0	33	38	41	61	42,2
5,5	35	39	41,1	62	42,25
8,5	36,1	40	41,2	64	42,275
10	36,7	41	41,3	66	42,4
12,5	37,2	42	41,3	67	42,5
15	37,7	43	41,4	68	42,45
17,5	38,4	44	41,5	69	42,5
20	38,9	45	41,5	70	42,5
21,5	39	47	41,6	71	42,6
23	39,2	48	41,7	72	42,65
24	39,5	49	41,7	74	42,65
25	39,6	50	41,8	76	42,65
26	39,7	52	41,8	79	42,75
27	39,9	52	42	89	42,95
28	40	53	42	94	43,05
29	40,1	54	42,05	99	43,15
30	40,2	55	42,1	104	43,2
31	40,3	56	42,1	109	43,3
33	40,5	57	42,1	114	43,35
34	40,6	58	42,2	120	43,35
35	40,7	59	42,25	125	43,35
37	40,9	60	42,2		



RACÉ EXPERIMENTAL D'UN SEGMENT DE LA LIGNE DE τ.

Il est limité par les points A & B. fig. 3.

A correspond à la température t = 151°, 5 et au taux d'humidité x = 0,015 kg eau/kg air sec.

B correspond à la température t = 91° et au taux d'humidité x = 0,04 kg eau/kg air sec.

Ces caractéristiques ont été mesurées successivement en amont et en aval de l'appareil représenté fig. 1.

REPORT SUR LE DIAGRAMME DE MOLLIER D'UN POINT DE PASSAGE OBLIGÉ DE LA LIGNE DE τ THÉORIQUE.

Il se trouve au point de concours de la courbe $\varphi = 1$ et de l'isotherme 43° 35.

TRACÉ THÉORIQUE DE LA LIGNE DE τ.

Elle est une droite dont le coefficient angulaire $\frac{\Delta \iota}{\Delta x} = 43{,}35$.

La direction définie par φ = arc tg 43,35 se trouve en marge du diagramme de Mollier, dans le réseau des directions chiffrées de o à ∞.

SUPERPOSITION DE LA LIGNE THÉORIQUE ET DU SEGMENT EXPERIMENTAL.

La ligne théorique contient effectivement le segment expérimental.

CONCLUSIONS.

Les lignes de τ sont reproductibles expérimentalement.

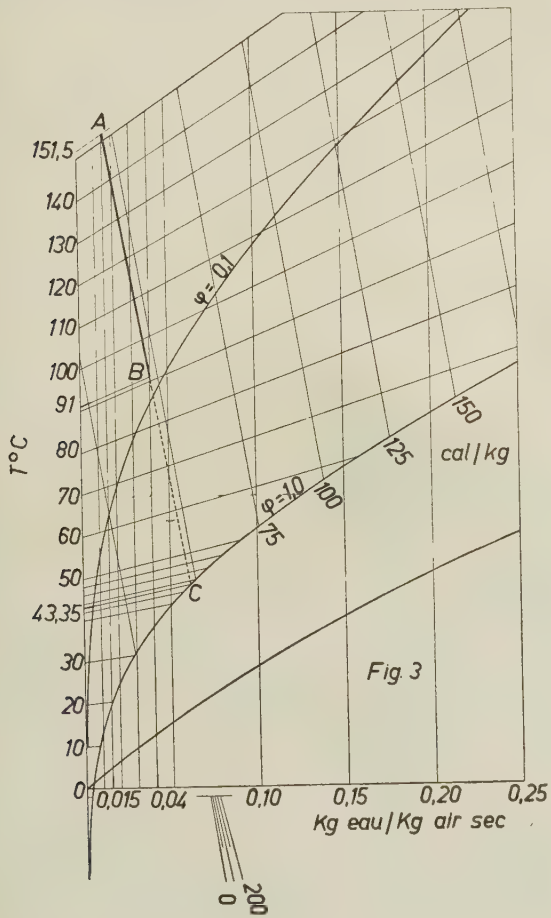


Fig. 3

BIBLIOGRAPHIE.

1. COPPENS ET WEI. La détermination du point hygroscopique et de la courbe d'hygroscopicité en fonction de la teneur en eau dans les produits agricoles à sécher.
Rapport présenté au X^e Congrès International des Industries Agricoles à Madrid. 1954.

2. HIRSCH. *Die Trockentechnik.*
Julius Springer. Berlin 1932.
3. WALKER, LEWIS, MACADAM.
Principe de chimie industrielle. Dunod 1 933.
4. GRUBENMANN.
J. X. diagramme feuchter Luft und ihr Gebrauch bei der Einwärmung, abkuhlung, befeuchtung, entfeuchtung von Luft, bei Wasserrückkuhlung und beim Trocknen. Julius Springer. Berlin 1952.

Le problème de la structure du sol et ses aspects pratiques (*)

par L. De Leenheer, Dr. Sc.
Professeur à l'Institut Agronomique de Gand.

Conférence, 1re Journée Inter-Agronomique
Gembloux, 24 octobre 1957

Introduction

Mieux qu'une description, les photos 1, 2 et 3 nous font comprendre ce qu'on entend par une bonne structure de sol.

La parcelle illustrée par la photo 1 se trouve dans les polders marins à Meetkerke. Le sol est un terre argileuse lourde, contenant 40 % d'argile

Photo 1
Sol argileux lourd à bonne structure. Meetkerke 7-3-57.

(*) La reproduction des photos est interdite sans autorisation écrite de l'auteur. Déposé à la rédaction le 6 février 1958.

colloïdale, mais avec une réserve de chaux carbonatée de 2 % dans la couche arable. La teneur en humus aisément oxydable (Walkley et Black) atteint aussi 2 %, et l'acidité est nulle (pH H^2O = 8,0).

Au premier coup d'oeil on s'aperçoit que le sol est bien « ouvert ». La photo 2, prise à une distance de 60 cm environ, le prouve bien : les petites dépressions des anciens sillons ne sont nullement colmatées : les fissures

Photo 2
Sol de la photo 1, photographié à 60 cm.
Malgré son caractère lourd, ce sol est très bien aéré.

de dessication n'y sont pas plus nombreuses que dans les parties supérieures des grosses mottes. Le sol est donc bien aéré ; les différences de teinte grisâtre sont dues uniquement à une humidité plus grande dans les parties les plus basses.

Photographiée de plus près encore (photo 3), on voit que la terre, immédiatement sous la surface, est finement grumeleuse. On n'observe aucune trace d'une migration d'argile ; et pourtant ces photos ont été prises début de mars 1957, après un hiver relativement doux et très pluvieux.

Avant de décrire une terre à structure dégradée, examinons d'abord quelles peuvent être les causes de la détérioration de la structure.

L'histoire de l'exploitation agricole de nombreuses parcelles des polders marins est très instructive à cet égard.

Lors de la sédimentation de la vase poldérienne, il s'est déposé non seulement de l'argile, du limon et du sable fin, mais également des quantités importantes de chaux carbonatée. La réserve naturelle de ce dernier constituant est très grande dans les polders ; la meilleure preuve en est une analyse chimique, qui permet de déceler dans le sous-sol (à partir de 50, 40 cm ou

même à une profondeur inférieure) une teneur généralement supérieure à 5 %, souvent même supérieure à 10 % de chaux carbonatée. N'oublions pas qu'une teneur de 5 % signifie pour une couche de 10 cm d'épaisseur une réserve de 75.000 kg à l'hectare.

Si un tel sol est exploité pendant des générations sous forme de prairie, la végétation herbagère parviendra à épuiser totalement la réserve de chaux carbonatée dans les couches superficielles ; elle aura par contre fortement enrichi ces mêmes couches en matières organiques, la teneur en humus atteignant facilement une moyenne de 8 % dans les 10 premiers cm. Dans de telles circonstances, même la couche argileuse la plus lourde aura une bonne structure grumeleuse.

Pendant ou peu après la guerre 1914-18 nombre de prairies des polders ont été déchirées en vue de la culture de céréales et de betteraves. Au début toute fumure organique était bien superflue, grâce à la bonne réserve en humus, héritage de l'ancienne prairie.

L'excellente fertilité de ces terres fut à l'origine d'une tradition de famille, suivant laquelle l'exploitation agricole de ces sols pouvait se pratiquer sans fumure organique.

Photo 3
Sol de photo 1, photographié de très près.
La terre immédiatement sous la surface est finement grumeleuse.

On ignorait que l'exploitation herbagère antérieure avait épuisé totalement la réserve en carbonate de chaux et que l'exploitation nouvelle épuisait lentement mais inévitablement la réserve en humus. Tôt ou tard la bonne structure grumeleuse devait se perdre et changer le sol en une masse vaseuse à l'état humide, compacte et dure à l'état sec.

Nos conversations avec les agriculteurs nous ont révélé que les sols les plus malades se retrouvent sur les anciennes prairies déchirées, qui n'ont plus reçu ni fumier, ni chaux, depuis les 30-40 ans qu'ils sont exploités pour les grandes cultures. Une trentaine d'années suffisent donc pour réduire la teneur en humus de 8 % à 2,5 %, ou moins. Dans les polders et pour un sol dépourvu de chaux, les maladies de structure se déclarent lorsque la teneur en humus descend en dessous d'environ

Photo 4
Terre argileuse « fermée » ± imperméable. 17-2-50.

10 % de la teneur en argile. Si l'on néglige la fumure organique sur ces anciennes prairies déchirées, mais si l'on fait un chaulage plus ou moins régulier, les maladies de structure se déclarent bien plus tardivement et sont toujours moins intenses. Ceci nous permet de toute évidence de déduire 2 causes essentielles de la dégradation de la structure : manque de chaux et manque d'humus.

Mais aussi sur des parcelles, qui ne sont pas des prairies retournées, la dégradation de la structure peut être manifeste.

Depuis les études de Liebig, prouvant que les éléments nutritifs, indispensables pour la plante, peuvent être apportés au sol sous forme d'engrais chimiques, la consommation de ces derniers n'a fait qu'augmenter.

Malheureusement ce procédé, excellent et parfait en soi, a fait naître au cours des années et chez de nombreux agriculteurs, l'opinion que les engrais chimiques remplacent totalement la fumure organique.

Une mécanisation de plus en plus poussée et une main d'œuvre agricole de plus en plus couteuse ont renforcé cette indifférence vis à vis de la fumure organique... à tel point même qu'on voit ces dernières années des agriculteurs brûlant la paille sur les champs.

Photo 5
Terre argileuse souffrant de « glaçage ».
Lit de germination grossier. Oostkerke 7-3-57.

La matière organique, constituant indispensable pour le maintien d'un bon état structural du sol, se décompose lentement. Ce fait explique que la négligence manifestée vis à vis d'un apport de fumier ne se traduit pas immédiatement par une diminution de la fertilité ; l'agriculteur peut en effet profiter plusieurs années de la réserve en humus introduite par ses ancêtres.

Inconscients de la dégradation de la structure qui s'était amorcée dans leurs terres et de la déficience en air et en « eau utile » qui en résultait, les agriculteurs ont essayé de remédier à une diminution de la production sur certaines parcelles à structure dégradée, en renforçant les doses de fumure minérale ; l'accroissement de la production qu'ils en espéraient, ne s'observa cependant point. La raison en est que, malgré la présence relativement abondante des éléments azote, phosphore, potasse, sous forme assimilable, cette assimilation par le système radiculaire ne peut se réaliser normalement, si l'élément oxygène est fortement réduit ou l'économie en eau déficitaire.

Le maintien d'une bonne structure du sol exige la présence en quantité

suffisante d'humus et de chaux. En l'absence de ces constituants, il doit se produire une dissociation des constituants sableux et des colloïdes argileux du sol. La fraction argileuse elle-même devient trop mobile et les agrégats du sol se disloquent totalement. Cette perte de structure est manifeste dans beaucoup de terres des polders : il se forme alors une croûte dure en surface que les jeunes plantes ne pourront plus percer, alors que la couche arable ou son sous-sol immédiat devient imperméable à l'eau. C'est le « blek » ou « blekkaard » de la région poldérienne, connu sous le nom de « glaçage » dans la région limoneuse. Dans cette dernière l'influence du relief vient encore accentuer les pertes et les dégats.

L'érosion et la solifluction se superposant dans la région limoneuse au phénomène dit du glaçage, nous le décrirons d'abord tel qu'il se présente dans les terres à surface horizontale, comme les polders, où l'action du relief ne se fait pas sentir.

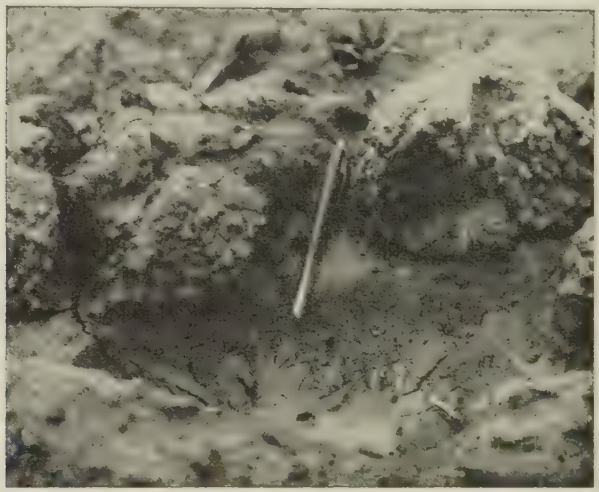


Photo 6

Même terre argileuse que photo 5. Croûte blanchie recouvrant les mottes, et enrichissement en argile dans les petites dépressions. Varsenare 7-3-57.

Ceci aura un autre avantage ; nous pourrons en effet confronter le glaçage (appelé « zandblek » dans les polders) avec une autre forme de dégradation de structure (le « kleiblek »), qui s'y rencontre fréquemment. De cette façon nous connaîtrons les deux maladies de structure les plus répandues en Belgique.

Quelle que soit la détérioration de la structure, elle se caractérise toujours par le fait que de fortes pluies transforment la couche arable d'un sol labouré

et découvert en une masse boueuse et gluante dépourvue de structure. Si cette masse se dessèche, elle devient dure comme une pierre. Dans le premier cas les emblavures périront par manque d'air ; dans le second cas les germes étouffent, n'étant pas à même de percer la croûte formée.

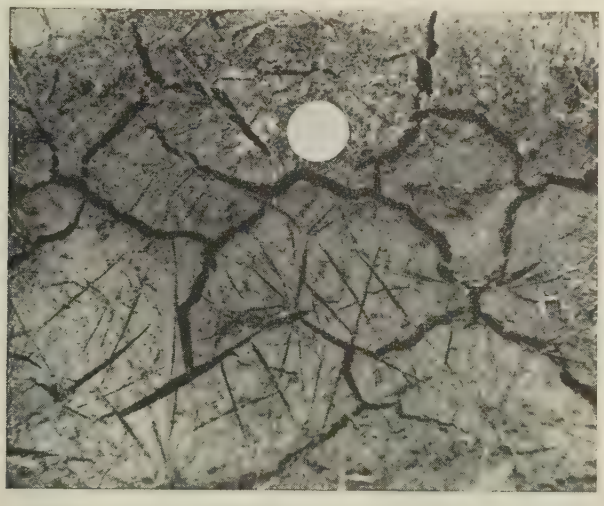


Photo 7
Dans les anciens sillons, où l'argile s'est déposée, on distingue les fissures irrégulières de dessication et les fissures rectilignes, provoquées par le gel. La tache blanche est une pièce de 1 fr. 7-3-57.

§ 1. — Aspect des terres a structure dégradée.

Le « kleiblek » ou peptisation totale des terres argileuses lourdes.

Cette maladie de structure n'est connue que sur les sols argileux les plus lourds et dont la couche argileuse a une épaisseur dépassant 60-70 cm. La cohésion et la plasticité dans la couche arable humide y est toujours très élevée, de sorte que le labour y est extrêmement difficile. La charrue ne « coupe » pas normalement et les tranches de terre ne sont pas renversées convenablement. Leur désagrégation (physique) ne se réalisera que vers la fin de l'hiver et encore faudra-t-il une action marquée du gel.

Par dessication ces tranches de terres durcissent sans formation de mottes normales. Une herse, même lourdement chargée, ne pouvant pas produire des mottes de dimensions convenables, il faudra de nouveau avoir recours à la charrue. On comprendra aisément qu'une pareille couche arable ne peut constituer un lit de germination idéal.

Une brève période de pluies, plus ou moins intenses, suffira pour provoquer la transformation du sol en une masse boueuse et gluante à surface plus ou moins égalisée, sur laquelle s'aperçoivent un peu partout des flaques d'eau stagnantes, parfois très grandes.

Étant donné le caractère très argileux du sol, il ne se produit pas une dissociation visible des constituants argileux, limoneux et humiques de cette terre. Ceci est une propriété caractéristique du « kleiblek » : c'est purement et simplement une peptisation totale, une désagrégation absolue de tous les grumeaux de la couche arable. Par suite de l'absence d'une séparation visible des constituants, et étant donné l'imperméabilité de la couche arable pour l'eau, la migration de l'argile en profondeur est pratiquement imperceptible : il se produit bien une couche sous-jacente, plus ou moins enrichie en argile et un peu plus compacte, mais on ne s'en rend pas compte au toucher.

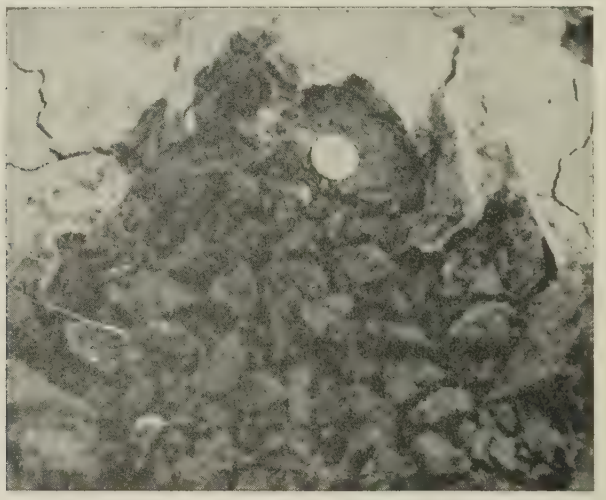


Photo 8

Sol argileux à glaçage. Immédiatement sous la croûte blanchie et dure se trouve une terre à structure polyédrique (cercle blanc = pièce de 1fr) Zuienkerke 7-3-57.

Le glaçage des terres limoneuses ou « zandblek » des terres poldériennes moins lourdes.

La couche arable à mauvaise structure est moins gluante et plastique à l'état humide ; la labour s'y fait facilement, ce qui explique que l'épaisseur de la couche arable (de l'ordre de 25 cm environ dans la région poldérienne) est en général plus grande que celle des terres souffrant de « kleiblek ».

Le labour facile de ces sols assure en outre la formation de nombreuses mottes à dimensions normales pour un lit de germination. Des pluies moyennes suffisent cependant pour « fermer » la terre et transformer cette couche arable, elle aussi, en une masse boueuse, plus ou moins égalisée, montrant des flaques d'eau stagnantes ou des parties totalement imperméables (photo 4).

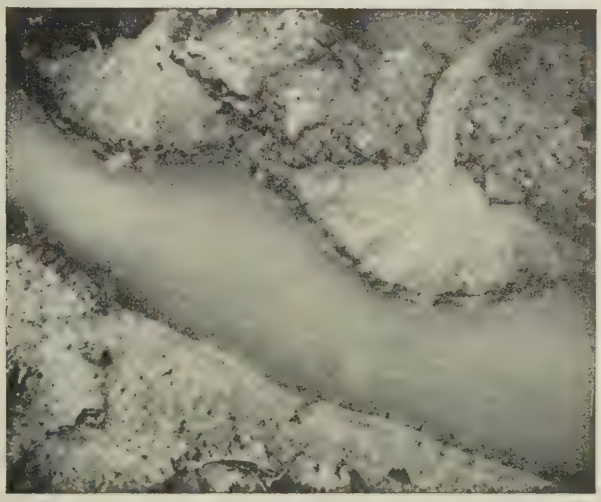


Photo 9

Photo prise de 70 cm d'une terre argileuse (Polders) souffrant de glaçage. Remarquez d'une part la micro-érosion, d'autre part la dissociation du complexe argilo-humique (plus foncé) du constituant limono-sableux (plus clair).

Souvent l'agriculteur, sachant par expérience la facilité avec laquelle sa terre se ferme, ne prépare qu'un lit grossier de germination (photo 5). Pendant l'hiver la saturation plus ou moins prononcée en eau transforme les grosses mottes en masses sirupeuses, comme le montrent les déformations sur les parois verticales des mottes (photo 6). Simultanément l'argile migre dans les petites dépressions des anciens sillons. Le contraste des photos 2 et 6 est bien frappant, tout comme celui des photos 3 et 8. Sur cette dernière on voit la croûte blanchie à la partie supérieure des mottes ; la terre immédiatement sous la croûte a perdu toute structure grumeleuse ; les éléments structuraux sont des polyèdres. Les photos 5 et 8 ont été prises au début de mars 1957, sur une terre labourée avant l'hiver.

Lors de la dessication du sol, il se forme à la surface une croûte blanc-

grisâtre, de nature sablo-limoneuse, d'une épaisseur d'un à quelques mm. Sous celle-ci la dessication ne progresse que lentement.

La propriété la plus importante de ces terres est la dissociation visible des constituants argileux et finement sablonneux (Photo 9 et 10).

Photo 10

Couche de 35-40 cm d'argile légère sur argile lourde.

La dissociation des constituants de l'argile légère est d'autant plus prononcée que la structure est plus mauvaise.

Profil A : bonne structure.

Profil B : structure dégradée ; les tâches blanches, enrichies en éléments limono-sableux, apparaissent.

Profil C : structure très mauvaise ; les éléments limono-sableux se sont concentrés à la profondeur des grosses mottes (± 10 cm) et à la base de la couche arable (± 25 cm).

Tandis que se forme en surface, lors de la dessication du sol, une croûte constituée d'éléments finement sablonneux ou limoneux de couleur blanc-grisâtre, une partie importante de la fraction argileuse migre en profondeur. La fraction sablo-argileuse peut elle aussi migrer en profondeur, mais alors seulement à l'intérieur de la couche arable, et son accumulation se limite

aux grandes cavités produites par le labour. C'est un phénomène particulier aux sols argileux légers.

La photo 10 est très instructive à cet égard. Elle nous montre 3 profils de la même commune, mais d'un état structural différent. On y voit bien que la dissociation des constituants argilo-humiques des éléments limono-sableux est d'autant plus prononcée que la structure est plus mauvaise.

La migration de la fraction argilo-humique va plus loin et l'accumulation de l'argile se fait immédiatement sous la couche arable. La pression exercée par la charrue contribue également à « fermer » complètement « le pavé du sillon », qui devient ainsi un « horizon d'étranglement ». La figure 1 illustre bien que ces 2 termes ne sont pas synonymes. Ici l'horizon d'étranglement physique est une couche argileuse compacte, imperméable à l'eau, riche en taches de rouille, d'une épaisseur variant de 10 à 20 cm. Le système radiculaire a très difficile à percer cette couche, comme le montre la photo 11.

Photo 11
L'horizon d'étranglement physique se reconnaît facilement au faible développement du système radiculaire à cette profondeur.

On comprend facilement que la dissociation des constituants argilo-humiques des constituants limono-sableux facilite énormément l'érosion et la solifluction dans toute terre située en pente.

Les photos 12, 13 14, 15, prises dans la région limoneuse en sont une illustration.

Photo 12
Glaçage et érosion dans la région limoneuse. Le labour parallèlement aux lignes de niveau réduit les dégats de l'érosion. Mars 1950.

Dans les sols sablonneux, comme en Flandre, la conservation de la structure du sol pose aussi ses problèmes : un manque de constituants organiques s'y traduit par une dessication accélérée, ce qui permet les phénomènes d'érosion éolienne : des vents même modérés enlèvent de ces sols, qui ont perdu toute cohésion, le sable fin, mettant à nu les jeunes plantes au printemps, tout en ensevelissant d'autres sur la parcelle voisine (Photo 16).

Dans tout sol sablonneux la matière organique est de loin le facteur fertilisant le plus important : il augmente la capacité de rétention, aussi bien des engrais que de l'eau. Une négligence dans l'apport de fumier s'y fera sentir bien plus vite.

Actuellement déjà la surface des sols sablonneux souffrant de sécheresse accélérée et d'érosion éolienne atteint environ 1 20^e^ de la surface agricole de la Flandre sablonneuse.

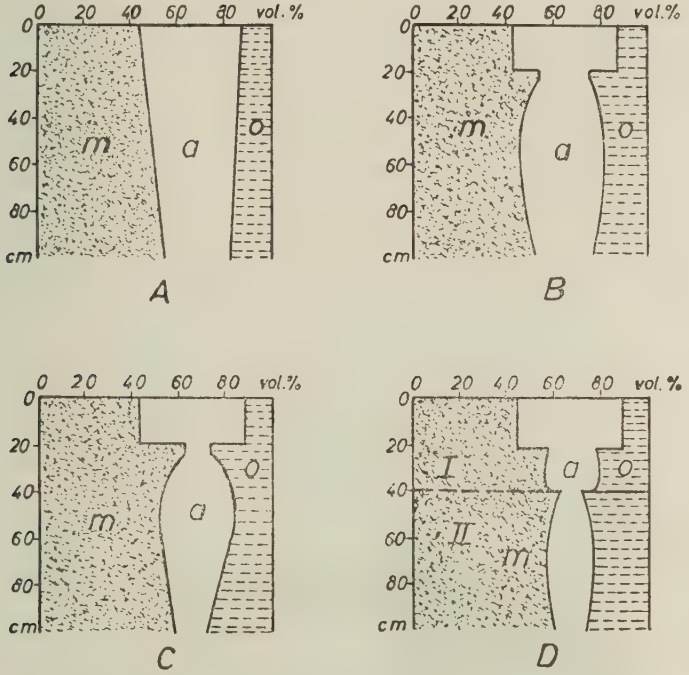


FIG. 1 — Différence entre le « pavé du sillon » et un horizon d'étranglement.

Légende

m : constituants minéraux a : air o : eau

A : la capacité d'air (macroporosité) diminue progressivement avec la profondeur dans un sol forestier.

B : La capacité d'air d'un sol labouré diminue brusquement sous la couche arable (pas de zone d'étranglement).

C : Diminution trop forte (donc étranglement) de la capacité d'air sous la couche arable.

D : Profil hétèrogène : les couches I et II sont d'origine différente. Couche II est fortement argileuse. Le „pavé du sillon (à 22 cm) n'est pas un horizon d'étranglement, mais le passage des couches I à II l'est bien (à 40 cm).

Le problème de la structure du sol et la lutte contre sa dégradation s'avère ainsi être un problème d'un intérêt économique national et d'un caractère urgent.

Si le manque d'humus et de chaux constitue le premier facteur de la dégradation, il n'est pas moins vrai que la mécanisation de notre agriculture pose un autre problème : celui du labour par des machines de plus en plus lourdes et à n'importe quel moment. Les travaux aratoires effectués

sur des terres fertiles et lourdes, mais trop humides au moment du travail, sont parfois parmi les plus désastreuses.

Étant donné la complexité du problème, l'étude de la structure du sol est difficile et de longue durée.

Les recherches effectuées depuis octobre 1950 jusqu'à nos jours, grâce aux subsides de l'Institut pour le développement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (I. R. S. I. A.) nous ont permis d'obtenir déjà des résultats d'une valeur pratique indéniable, dont voici un aperçu.

Photo 13
Glaçage et érosion dans la région limoneuse.
Sur les terres à mauvaise structure et situées en pente, de fortes chutes de pluie provoquent aisément des rigoles d'érosion. Mars 1950.

§ 2. — IMPORTANCE DES DÉGATS CAUSÉS PAR LA DÉGRADATION DE STRUCTURE.

En vue de déterminer la perte de production que provoque une mauvaise structure du sol, la production en froment et en betteraves fourragères a été comparée sur bonne et mauvaise structures. Dans ce but 18 parcelles ont été choisies pour chacune des deux cultures, toutes les parcelles étant situées dans les polders marins. Le choix de la région poldérienne est motivé, parce que dans un terrain horizontal les dégats ne sont pas influencés par des phénomènes d'érosion. Sur chaque parcelle une partie avait une structure relativement bonne, l'autre partie ayant une structure mauvaise.

a) *Influence de la détérioration de structure du sol sur le développement du froment.*

L'influence de la mauvaise structure est la plus forte sur la germination, surtout si l'avant-saison est défavorable, comme c'était le cas en 1953, année de nos observations. Le nombre de plantes compté sur les bonnes et mauvaises structures révèle que l'intensité de la germination est réduite de plus de la moitié sur la mauvaise structure. Si l'on trouve, sur une surface déterminée à bonne structure, un nombre moyen de germes égal à 100, ce nombre moyen n'atteint que 43 sur la mauvaise structure. Ceci signifie donc un retard moyen de la germination de 57 %, par suite de la mauvaise structure (photos 17 et 18).

Le nombre de germes étant beaucoup plus faible sur la mauvaise structure, chaque jeune plante pourra y disposer de plus de terre et d'éléments nutritifs ; le tallage en sera ainsi d'autant plus important.

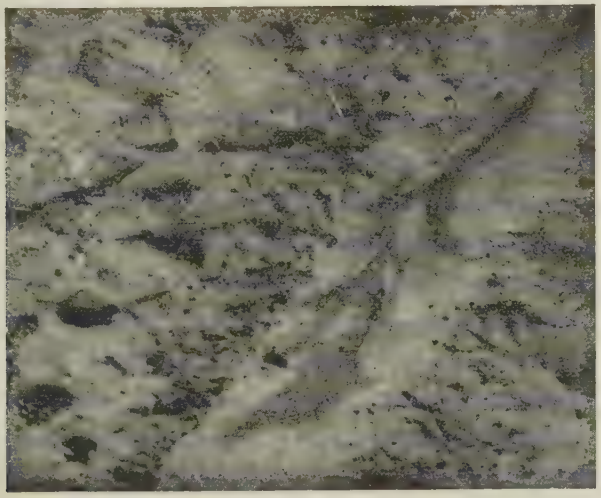


Photo 14
Dans les terres limoneuses la dégradation de structure se reconnaît à la dissociation du complexe argilo-humique (foncé) du constituant limono-sableux (plus clair).

En moyenne nous avons trouvé, pour 100 plantes, un nombre double de tiges sur mauvaise structure, ce qui diminue fortement le retard dans la végétation.

Sur la bonne structure et pour l'ensemble des parcelles étudiées on comptait en moyenne 185 tiges (par 100 plantes), contre une moyenne de 345 tiges sur la mauvaise structure. Sur cette dernière le coefficient de tallage

Photo 15
Au pied des pentes le matériel entraîné par les pluies s'accumule pour former une « colluvion ».

est donc pratiqueument le double (fig. 2). Ce coefficient de tallage élevé ne suffit cependant pas pour permettre à la culture de rattraper le retard provoqué par la mauvaise germination.

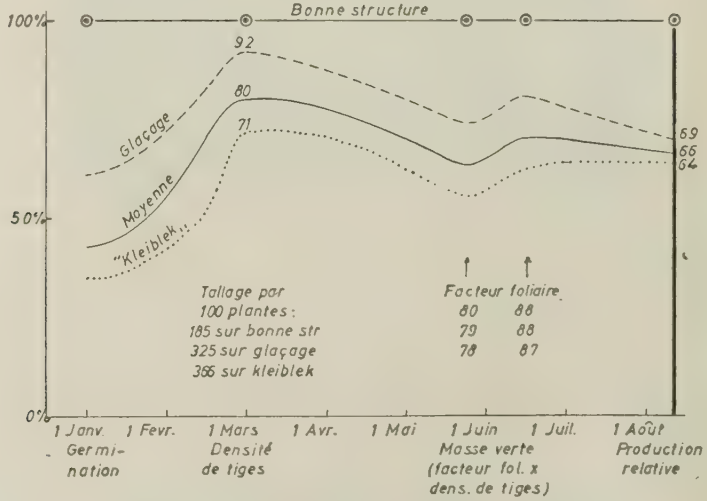


FIG. 2 — Influence de la structure du sol sur le développement du froment 1953 (18 parcelles).

Si nous avons compté pour une surface déterminée, un total de 100 tiges sur bonne structure,on trouvait une moyenne d'environ 80 tiges sur mauvaise structure.

b) *Influence de la structure sur la pleine croissance (mai-juin) du froment.*

L'influence de la structure sur le développement du froment se remarque également au cours de la pleine croissance.

Dans ce but, nous avons mesuré sur certaines parcelles, fin mai et mi-juin, la longueur de la plus grande tige (du sol au nœud supérieur), le nombre de feuilles par tige et la longueur de la plus grande feuille (normalement l'avant-dernière). La somme de ces longueurs moyennes de tige et feuille (tenant compte du nombre de feuilles) donne un facteur, qui traduit très bien l'activité de toute la masse verte de la plante.

Ce facteur s'appelle le facteur foliaire.

Si nous traduisons le facteur foliaire sur la bonne structure par 100, on trouve une valeur de 79 sur mauvaise structure, soit un retard dans l'état végétatif de 21 %, à la fin du mois de mai.

La seconde série de mesures, faite à la mi-juin, montre que le retard végétatif a été rattrapé pour presque la moitié : le facteur foliaire est en moyenne inférieur de 12 % sur la mauvaise structure.

Photo 16
La perte de cohésion dans les sols sableux facilite l'érosion par le vent. Tronchiennes 1-5-54.

c) *Influence de la structure sur la production du froment.*

La différence de production a été déterminée par la technique des récoltes sur petites surfaces : c'est à dire qu'on récolte le froment qui pousse à l'intérieur d'un cadre, ayant un côté de 1.50m (superficie récoltée : 2,25 mètres carrés). Ceci constitue un « échantillon de récolte ». Étant donné la petite surface récoltée, il importe de faire la récolte sur une douzaine de surfaces pareilles.

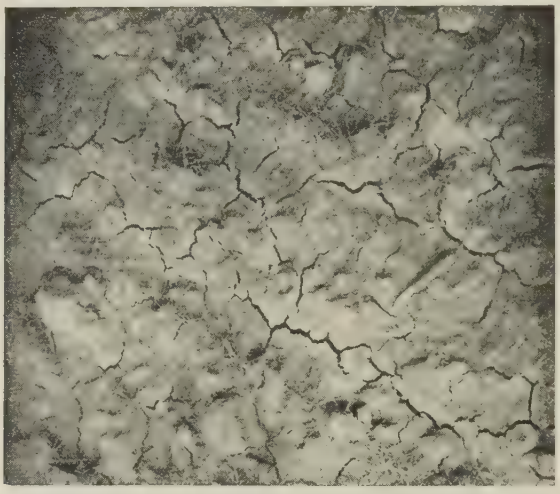


Photo 17
Parcelle d'expérimentation sur structure dégradée à Klemskerke.
L'hiver rigoureux de 1955-56 (jusqu'à — 17°C) n'a pu provoquer une fissuration intense (Frostgäre). Faible coefficient de germination. 31-3-56.

C'est pourquoi nous prélevons, aussi bien sur la bonne que sur la mauvaise structure, 12 échantillons de récolte (soit 24 par parcelle). Avec ces 12 données on peut calculer d'abord une bonne moyenne de la production sur les deux structures de chaque parcelle, et ensuite la production moyenne sur les deux structures pour l'ensemble de toutes les parcelles étudiées.

La production moyenne de froment sur un tel carré d'un côté de 1,50 m s'élève à 1150 grammes sur la bonne structure contre 765 grammes sur la mauvaise structure.

Ces chiffres nous permettent de calculer les rapports entre les productions.

La perte moyenne par suite de la dégradation de la structure atteint donc un tiers de la production normale, soit un rendement moyen de 66 contre 100 sur bonne structure.

(Une étude analogue, également sur 18 parcelles, a été faite pour les betteraves fourragères, ce qui confirma l'importance d'une bonne structure du sol. Faute de place nous ne pouvons pas reproduire ici les résultats.).

§ 3. — LES PRODUITS CHIMIQUES POUR L'AMÉLIORATION DE LA STRUCTURE DU SOL, SONT-ILS VRAIMENT EFFICACES ?

Au cours d'un congrès tenu à Philadelphie (U. S. A.) en 1951, on annonça au monde entier la mise en vente d'un nouveau produit chimique, « le Krilium ». La réclame et la propagande, faites à une échelle vraiment américaine, et coûtant des millions, présentèrent le Krilium comme un produit magique, d'une efficacité absolue pour améliorer et stabiliser la structure du sol. La puissance énorme d'une propagande bien orchestrée fut une nouvelle fois démontrée. En effet la demande pour le produit fut telle que quelques mois plus tard 5 autres industries chimiques lancèrent un produit analogue. En Belgique aussi un produit pour l'amélioration de la structure fut fabriqué et mis à l'essai.

Photo 18

Même parcelle que la photo 17, mais la partie à structure relativement bonne. La différence avec la photo 17 est nette. Coefficient de germination double. Le canif sur les photo's traduit les dimensions.

A ceux qui exprimèrent des doutes, on s'empressa de fournir des preuves de laboratoire. Une poignée de terre argileuse mélangée à une petite cuillerée de Krilium, puis additionnée d'eau, permettait d'obtenir après mélange de beaux agrégats stables. Ceux-ci étaient mis dans des entonnoirs ou des tubes de verre, puis on faisait percoler de l'eau pendant des heures sans que le sol ne se colmate ou que la percolation de l'eau ne diminue notablement (essai de perméabilité). Se basant sur pareils essais élémentaires, nombre de communications furent publiées, dans notre pays comme

ailleurs, pour chanter les mérites des nouveaux produits et en recommander chaleureusement l'emploi. Qu'est-il resté à présent de l'enthousiasme débordant du début.

Observations sur parcelles d'expérimentation pendant 4 ans.

Grâce aux secours financiers importants, qui nous ont été accordés par l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Argriculture (I. R. S. I. A.), nous avons été en mesure de faire des études à la fois au laboratoire et sur des parcelles d'expérimentation. Nos premières déterminations de laboratoire avec le Krilium débutèrent en 1952, et au début de 1953 nous avions déjà pu mettre en marche une première parcelle expérimentale.

Il s'avéra bien vite qu'une distinction importante s'impose, suivant la nature du produit pour l'amélioration de la structure et suivant la nature du sol qu'on veut « conditionner ». Le Krilium « formule 6 » paraissait excellent pour les sols lourds, mais était inefficace pour les sols légers. Le Krilium « formule 9 » par contre exerçait une bonne influence sur les derniers, mais était peu actif dans les sols lourds. En dehors du Krilium, nous avons eu l'occasion d'essayer d'autres produits américains, qui avaient une composition chimique analogue, comme p. e. l'« Aerotil » ; leur action était d'ailleurs comparable à celle du Krilium. D'autre part les produits pour l'amélioration de la structure, qui n'étaient pas fabriqués sur la même base chimique que le Krilium, avaient une action nettement inférieure.

Partant de ces acquisitions de laboratoire, nous avons aménagé des parcelles d'expérimentation à la fois sur des sols lourds et légers.

Influence sur sols lourds.

Ci-après nous donnons les résultats obtenus sur une parcelle à structure dégradée à Eggewaartskapelle (lez Furnes). Les objets comparés étaient au nombre de 3, notamment : le Krilium (formule 6), un produit belge et le témoin ou blanco (n'ayant rien reçu).

Le prix du krilium était tellement élevé que le traitement d'un hectare aurait coûté plus de 200.000 fr., alors qu'avec le produit belge le prix s'élevait encore à environ 45.000 fr. Pour réduire les frais nous avons divisé le champ en petites parcelles, chacune de 6 m sur 7 (superficie : 42 m carrés). Le tout comprenait, distribué au hasard, 6 parcelles traitées au krilium, 6 parcelles traitées au produit belge et 6 parcelles-témoin.

L'essai débuta avec l'avoine. Les 6 parcelles traitées au krilium donnèrent en 1953 une récolte moyenne de 3.889 kg ha, celles traitées au produit belge 3.792 kg et les parcelles-témoin 3.600 kg. Les rapports de production sont donc respectivement 108, 105 et 100, soit une augmentation de rendement de 8 % par suite du traitement au krilium.

Le lin, qui a la réputation d'être sensible à l'état structural du sol, fut essayé en 1954. Les récoltes étaient à peu près les mêmes pour les trois objets ; soit respectivement 4.037, 3.990 et 3.861 kg/ha de fibres sur le sol traité au krilium, au produit belge et sur le blanco. Les rapports qui s'en déduisent sont 104,5 contre 103 et 100. Un marchand, spécialiste du lin, estima cependant que le lin récolté sur les parcelles traitées au krilium était d'une qualité meilleure : son prix était de 15 % supérieur à celui du lin récolté sur les deux autres objets.

La culture suivante (1955) était le froment. La récolte moyenne pour les 6 parcelles s'élevait à 4.696, 4.379 et 4.347 kg per ha, respectivement sur le sol traité au krilium, au produit belge et sur le blanco, soit un rapport de 108 contre 101 et 100.

La luzerne, semée dans le froment, était récoltée en 1956. Le printemps 1956 était relativement sec et une première coupe donnait, dans le même ordre que ci-dessus, une production relative de 115 contre 108 et 100. Exprimée en masse verte, ceci signifie une production de 11.444, 10.722 et 9.944 kg/ha. La seconde coupe, faite en plein été, donnait une récolte abondante ; notamment 15.333 kg sur sol traité au krilium, 15.417 kg sur sol traité au produit belge et 15.167 kg sur le témoin. Ces chiffres (kg/ha) montrent que les différences suivant le traitement sont pratiquement nivelées ; les rapports sont devenus 101 contre 101,6 et 100.

Lors de la 3e coupe, qui donnait elle aussi une bonne récolte, les différences étaient devenues négligeables : les productions en kg/ha étant respectivement 14.100 contre 14.140 et 14.110 kg/ha.

On s'aperçoit bien que lors de la première coupe, les différences dans l'état structural de la couche arable ont eu une répercussion sur la productivité ; il faut avouer aussi que ces influences sont perceptibles 3 ans après l'apport du produit. Ces différences dans la production s'atténuent de plus en plus au fur et à mesure que le système radiculaire se développe dans le sous-sol, où les différences de structure n'existent plus. Le tableau I donne un aperçu de l'ensemble des résultats.

En général nous pouvons déduire des observations, faites pendant 4 ans, que le krilium exerce une influence sur l'état structural du sol, qui reste perceptible après 4 ans, et qu'il donne une augmentation de production moyenne (pour les 4 années) de l'ordre de 8 % ; avec pareil accroissement de rendement tout le monde devra tout de même admettre le non-sens économique de l'apport d'un produit, coûtant les yeux de la tête.

TABLEAU I

Soil conditionners
Eggewaartskapelle.
Humus : 1,5 % ; pH : 7,0 ; argile colloïdale : 15 %.

	Krilium	Produit belge	blanco
1953 : avoine	3.889 kg (108)	3.793 kg (105)	3.600 kg (100)
1954 : lin	4.047 kg (105)	3.990 kg (103)	3.861 kg (100)
prix relatif	115	100	100
1955 : froment	4.696 kg (108)	4.379 kg (101)	4.347 kg (100)
1956 : luzerne masse verte	1^e coupe 11.444 kg (115)	10.722 kg (108)	9.944 kg (100)
	2^e coupe 15.333 kg (101)	15.417 kg (102)	15.167 kg (100)
	3^e coupe 14.100 kg (100)	14.140 kg (100)	14.110kg (100)

D'autres produits chimiques, spécialement conçus pour des sols légers, ont également fait l'objet d'études sur parcelles d'expérimentation. Faute de place nous n'en parlerons pas. En résumé cependant, nous pouvons conclure que les nouveaux produits pour l'amélioration de la structure du sol ne donnent pas encore satisfaction. Ceci ne permet cependant pas de conclure qu'il faut s'en désintéresser. Rien que la mise au point de ces produits constitue déjà une acquisition scientifique très importante.

L'histoire de toute recherche scientifique nous apprend en effet que l'étude théorique, qui constitue le point de départ, est très difficile et progresse lentement. Les applications pratiques peuvent se faire attendre pendant des années, mais leur jour viendra croyons-nous tôt ou tard.

La propagande énorme, lancée prématurément par les industriels américains, a cependant été utile : elle a fixé l'attention des agronomes et des services de vulgarisation sur un problème trop longtemps négligé.

Nos agriculteurs ont tout intérêt à ne pas sous-estimer les dégats que peut provoquer une dégradation de la structure du sol. La diminution de la productivité, provoquée par un déséquilibre des éléments nutritifs, peut être remédiée rapidement par une bonne fumure. Il en est tout autrement de l'équilibre des forces qui assurent une bonne stabilité structurale, car souvent celle-ci ne se rétablit que lentement, d'autant plus qu'il faut prendre simultanément des mesures pour briser l'horizon d'étranglement du sous-sol.

§ 4. — Écume de sucrerie, produit efficace et bon marché pour améliorer la structure du sol.

Les essais avec l'écume de sucrerie débutèrent en 1952. Ce produit est bien connu pour remédier à une acidité trop grande du sol. Dans ces essais-ci il ne s'agissait cependant pas de donner au sol la quantité réduite d'écume, qui suffirait pour corriger son acidité. Ce qui nous intéressait était de savoir s'il était possible d'améliorer la structure du sol par des doses massives, dépassant 50 tonnes d'écume humide.

L'écume de sucrerie est un produit obtenu lors de la purification du sucre des betteraves : ensemble avec la chaux carbonatée on précipite des impuretés, telles que les protéines brutes. Ces protéines sont connues pour leur pouvoir tampon, mais ce qui est plus important pour le sol, c'est leur richesse élevée en éléments assimilables pour la plante et surtout leur influence sur l'activité et la prolifération des micro-organismes du sol.

Nous basant sur les résultats de l'analyse chimique de l'écume, nous avons calculé qu'une dose de 50 tonnes correspond non seulement à un chaulage de 32.5000 kg de chaux carbonatée, mais signifie simultanément un apport de 551 kg d'acide phosphorique, 150 kg d'azote, et 3.500 kg de matières organiques riches en protéines. Tous ces constituants s'y trouvent à l'état finement pulvérisé, ce qui augmente fortement l'activité de l'écume. Nous savons que l'agriculteur a souvent peur d'un pareil apport massif de chaux carbonatée, influencé qu'il est par une notion très répandue suivant laquelle ces quantités élevées de chaux brûlent rapidement l'humus du sol. Nous pouvons certifier que cette opinion est erronnée, si le chaulage s'effectue au moyen de chaux carbonatée.

Si l'on tient compte du prix d'achat d'une tonne d'écume (environ 50 fr sans chargement, ni transport), tout en se rappelant la richesse en éléments fertilisants, il faut avouer que ce produit est très économique.

Si l'écume est intéressante en tant que régulateur de l'acidité du sol et fournisseur d'éléments fertilisants à bon marché, elle mérite d'avantage notre intérêt pour une autre raison, notamment pour son action sur la stabilité des grumeaux du sol.

Par sa richesse en chaux carbonatée sous une forme extrêmement fine, elle est à même de réagir dans un minimum de temps avec un maximum de particules colloïdales du sol, qui seront toutes floculées. Cette floculation stable soustrait les grumeaux à l'action de désagrégation par les eaux de pluie. La présence de matières organiques, riches en protéines, constitue en outre un coup de fouet pour la vie microbienne : les grumeaux formés seront consolidés par des filaments de moisissure constituant une micro-végétation et par les produits visqueux d'origine bactérienne ou autre.

Examinons maintenant quelques résultats d'essais sur parcelles d'expérimentation.

A. - *Région poldérienne*

Pour ces essais nous avons choisi un sol argileux lourd, relativement riche en humus (3,5 %), mais acide (pH 5, 6) et souffrant fortement de « kleiblek » (peptisation totale de l'argile de la couche arable).

La récolte d'orge de printemps ne dépassait normalement plus 2.700 kg/ha. Fin août 1952 une dose d'écume correspondant à 70 tonnes/ha a été répandue sur une partie du champ, l'autre partie étant le témoin. Cette dernière partie recevait une fumure normale, l'autre par contre ne recevait que de l'écume.

La récolte en orge de printemps sur la partie à écume dépassa 4.000 kg/ha alors que la partie-témoin ne produisit que 2.300 kg.

Aux yeux de l'agriculteur l'essai avait si bien réussi que nous n'avons pu l'empêcher de traiter aussi tout le restant du champ avec une dose de 70 tonnes. Une comparaison avec un témoin devenait ainsi impossible. Les récoltes suivantes cependant enlevèrent le dernier doute.

En 1954, la partie traitée récemment fut ensemencée d'orge de printemps (variété Herta), le seul engrais donné étant 200 kg de KCL (40 %). La récolte fut de 5.250 kg/ha, soit le double des meilleures récoltes antérieures.

La partie traitée en 1952 fut la même année cultivée de betteraves sucrières, la première fois depuis bien longtemps. La récolte s'éleva à 41.112 kg, avec une richesse en sucre de 18,3 %.

L'année suivante (1955) le champ a été divisé en 4 parties, aucune d'elles ne recevant d'engrais. Une première partie produisit 5.025 kg d'orge de printemps (variété Kenia), une seconde 4.796 kg de féveroles, une troisième 52.532 kg de betteraves sucrières, ayant une richesse en sucre de 15,3 %; la quatrième partie finalement portait du froment (variété Alba). Bien que le froment fut versé, la récolte s'élevait à 3.654 kg.

Les récoltes de 1956 étaient également très satisfaisantes.

Grâce à l'apport unique d'une dose massive d'écume, la mauvaise structure a été transformée en une structure grumeleuse quasi idéale, d'une grande stabilité.

B. - *Région limoneuse.*

Signalons un autre essai, fait dans la région limoneuse dans des conditions particulièrement intéressantes.

Cet essai en effet est très instructif, non seulement parce qu'il s'agit d'un sol limoneux à bonne structure, mais aussi parce que le sol n'était pas acide (pH 7,2). Si sur ce champ l'influence favorable de l'écume se confirme, il faudra bien convenir de ses propriétés exceptionnelles. Ce traitement eut lieu après la récolte de 1953, à une dose de 62 tonnes/ha. Sur les parties traitées le pH monta à 7, 8 et la réserve en chaux carbonatée passa de 0,2 à 2 %.

Sur les bandes non traitées à l'écume, les doses d'engrais chimiques à ajouter furent calculées en tenant compte de la richesse de l'écume ajoutée sur les autres parties. En principe donc la fumure minérale en N, P, K était égale sur tout le champ.

Des déterminations de laboratoire ont bien prouvé que l'état grumeleux et la stabilité structurale du sol étaient meilleurs sur les bandes traitées à l'écume.

Quant à la récolte, voici les productions (en kg/ha) de 1954 :

	Avec écume	Sans écume	Rapport
Racines	54.058 kg	50.249 kg	107 pour 100
Collets et feuilles	74.422 kg	69.587 kg	107 pour 100
Total	128.480 kg	119.836 kg	107 pour 100
Sucre	7.935 kg	7.220 kg	110 pour 100

L'année suivante (1955) et sans nouvel apport d'écume, la récolte de froment était de 5.001 kg/ha sur les bandes traitées à l'écume contre 4.752 sur les bandes-témoin.

Même si le sol est labouré dans des conditions peu favorables, la présence d'écume de sucrerie contribue fortement à réduire les dégats du mauvais labour. C'est ce que nous avons pu constater sur une terre limoneuse à Juprelle (voir photo 19).

Photo 19

Terre limoneuse labourée dans des circonstances défavorables (sol franchement trop humide). Sur les bandes chaulées abondamment à l'écume la végétation est quasi normale ; sur les autres les dégats sont très importants. (Juprelle 1957)

En résumé on peut dire que l'écume de sucrerie est un excellent produit pour l'amélioration de la structure du sol et qu'il en augmente la production. Ses autres avantages sont une teneur importante en éléments fertilisants et surtout en matières organiques riches en protéines. Ces dernières stimulent une activité microbienne importante. Il faut cependant retenir que tout apport simultané d'écume et d'engrais azoté se traduit normalement par une perte de production, surtout pour les céréales.

Aussi les agriculteurs ont dès à présent compris l'intérêt de ce produit, à tel point que les sucreries en ce moment ne peuvent plus satisfaire aux demandes.

§ 5. — Est-il indiqué d'améliorer la structure du sol par un labour profond ou par un labour accompagné d'un sous-solage ?

Par cette question nous touchons un problème fort délicat et controversé. Nous savons déjà que l'existence de mottes et de grumeaux constitue la base même d'une bonne structure du sol. Ces mottes et grumeaux cependant doivent être stables, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent pas se disloquer sous l'influence de la pluie ou d'une nappe phréatique trop élevée. Cette stabilité nécessite la présence d'une part d'humus, et d'autre part de chaux carbonatée.

Les mottes et les grumeaux se disloquent aussitôt que ces « matières collantes » (humus et chaux) se perdent ou font défaut. Dans le cas des terres poldériennes les plus lourdes, la couche arable se transforme lors de la saison pluvieuse en une masse pâteuse et pratiquement imperméable.

Dans le cas d'un sol moins argileux (sol limoneux ou sol d'argile légère) la perte des forces de coagulation signifie une désagrégation complète des grumeaux. Tandis que se forme en surface une croûte constituée d'éléments finement sableux ou limoneux de couleur blanc grisâtre, une partie importante de la fraction argileuse migre juste en dessous de la couche arable, où elle forme une sorte de « pavé du sillon » ; c'est-à-dire une couche comptacte imperméable à l'eau et riche en tâches de rouille.

Qu'arrive-t-il lorsqu'on laboure profondément un sol à mauvaise structure, par exemple jusqu'à une profondeur de 45 à 50 cm. On constate en premier lieu qu'on remonte en surface une couche pauvre en humus, alors qu'on enfouit la couche arable plus humifère. Or la teneur en humus de la couche arable était déjà trop basse. Par contre, il est un fait que l'horizon d'étranglement se trouvera brisé.

Certaines années un labour profond peut donner de surprenants résultats dans les polders, résultats qui sont également influencés par le degré d'humidité du sol lors du labour, par les autres travaux aratoires, par la richesse en chaux carbonatée de la couche que l'on remonte en surface

et surtout par la pluviosité durant l'année. C'était le cas d'une parcelle souffrant de glaçage et traitée après la récolte de 1952 de trois façons différentes : une première partie fut labourée normalement, la seconde labourée à une profondeur de 45 cm. et sur la troisième eut lieu un labour ordinaire accompagné d'un sous-solage, totalisant une profondeur de 45 cm. En 1954 la première partie produisit une récolte de froment de 2.350 kg/ha, alors que la seconde rapportait 4.400 kg/ha et la troisième 3.200 kg/ha. Les rapports de ces trois productions sont : 100 pour 188 et 136. L'augmentation de production atteignait donc 88 % sur la partie labourée profondément et seulement 36 % sur la partie où le sous-sol avait été brisé (voir dans le tableau IIb, à la page 42, les productions pour l'année 1954). Du point de vue théorique on aurait dû obtenir la meilleure production sur la partie 3, étant donné que l'horizon d'étranglement fut brisé, sans que la teneur en humus ne diminue dans la couche arable. N'oublions cependant pas que c'est uniquement dans le cas d'un labour profond qu'une couche riche en chaux carbonatée peut être remontée en surface. Pour cette dernière raison un labour profond peut être plus avantageux dans les polders qu'un labour avec sous-solage.

Il est nécessaire cependant qu'une bonne partie du sous-sol, que l'on ramène en surface, contienne au moins 5 % de chaux carbonatée. D'autre part la couche ramenée en surface ne peut être trop sablonneuse, et, surtout, elle ne peut en aucun cas présenter des tâches de réduction bleuâtres, car celles-ci indiquent que l'amélioration du sol doit s'obtenir en premier lieu par un abaissement de la nappe phréatique et un drainage adéquat.

Dans la région limoneuse il est naturellement exclu de remonter en surface une réserve de chaux carbonatée par un labour profond. On peut donc citer comme règle générale qu'un labour de 45 à 50 cm n'est pas indiqué dans cette région pour combattre une détérioration de structure : le désavantage de l'enfouissement de la couche humifère est généralement du même ordre de grandeur que l'avantage de briser le « pavé du sillon ». Seul un labour, accompagné d'un sous-solage, peut être indiqué dans la région limoneuse.

La remarque de loin la plus importante est celle-ci : supposons que l'on ait obtenu, par un labour profond ou par un labour avec sous-solage, une bonne couche arable et un pavé du sillon bien brisé ; pareil sol ne restera que temporairement en bonne condition physique. A ce moment il est en effet indispensable de stabiliser les agrégats formés, ce que l'on peut obtenir en un minimum de temps par une dose massive d'écume de sucrerie, dont le pouvoir de coagulation a déjà été décrit.

En outre, n'oublions pas que l'écume, où la chaux est finement répartie, libère rapidement une telle quantité de particules de calcium, qu'une bonne partie sera entraînée en profondeur et stabilisera avantageusement les

porosités produites dans l'ancienne couche imperméable du sous-sol (l'ancien horizon d'étranglement). Sans écume, l'effet d'un sous-solage se réduirait au bout de quelques années à peu de chose, car la couche imperméable se serait reformée par tassement. C'est un non-sens d'opérer un malade pour le négliger, sitôt l'opération terminée. Après avoir « opéré » un sol par un labour profond ou par un labour avec sous-solage, il est indispensable de lui donner un médicament approprié, notamment l'écume de sucrerie.

La conclusion est donc celle-ci : par un labour profond ou un labour avec sous-solage la structure du sous-sol connaît une amélioration passagère. Si l'on veut obtenir un effet durable, il faut, une fois la zone d'étranglement brisée, stabiliser celle-ci par un traitement adéquat : parmi ceux-ci nous recommandons avant tout une dose unique, mais massive, d'écume de sucrerie (60 tonnes/ha au moins).

A partir de ce moment il faut également veiller à une bonne rotation, dans laquelle il faut prévoir une bonne dose de fumier. A ce propos il est important de souligner l'action bienfaisante de la luzerne et du trèfle sur la structure du sous-sol. Sur les sols lourds, qui par la présence d'un horizon d'étranglement sont devenus moins profonds, le trèfle incarnat est plus indiqué que la luzerne.

On pourra juger soi-même, par les résultats du tableau suivant (tableau II), que l'on obtient de bien maigres résultats, lorsqu'on se contente uniquement de remonter ou de briser l'horizon d'étranglement. Grâce au concours financier de l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture, nous avons été à même de traiter et d'étudier 6 parcelles d'expérimentation dans les polders. Chaque parcelle présentait une partie suffisamment étendue avec et une autre sans détérioration évidente, de telle façon que nous avons pu chaque fois diviser ces parcelles en trois bandes, contenant chacune une structure détériorée et une structure plus ou moins normale. Sur la première eut lieu un labour profond (jusqu'à une profondeur moyenne de 45 cm), sur la seconde le laboureur effectua un labour normal, tandis que sur la troisième eut lieu un labour à 25 cm, complété simultanément par un sous-solage jusqu'à 45 cm. Nous avons chaque fois eu les mêmes cultures sur toutes les parcelles : en 1953 des betteraves fourragères, en 1954 du froment, en 1955 de l'orge, et en 1956 de l'avoine. Lors de la récolte des betteraves fourragères, en 1953, nous n'avons constaté nulle part des différences de production supérieures à 5 % ; il est vrai également que nous n'avons enregistré nulle part une baisse sensible de production, supérieure à 5 %, nonobstant le fait qu'on a ramené en surface par un labour profond une couche pauvre en humus, mais riche en chaux. Pendant les années suivantes nous avons très bien pu observer que, dans le cas d'un sol argileux lourd dégradé, briser le sous-sol sans soigner de façon particulière les agrégats formés, ne peut donner de résultats satisfaisants.

TABLEAU II

Influence du labour profond et du labour avec sous-solage sur la productivité.

Tableau II A. — Productions sur parcelle très lourde (30 à 35 % d'argile)

	1954 : froment			1955 : orge			1956 : avoine		
	récolte en kg/ha	rapport par objet	rapport par type de labour	récolte en kg/ha	rapport par objet	rapport par type de labour	récolte en kg/ha	rapport par objet	rapport par type de labour
Labour profond									
mauvaise structure	2488	102	96	4191	99	92	3659	78	83
bonne structure	2507	103		4075	97		4118	88	
Labour normal									
mauvaise structure	2440	100	100	4216	100	100	4659	100	100
bonne structure	2754	113		4764	113		4753	102	
Labour avec sous-solage									
mauvaise structure	2297	94	91	3779	90	90	3703	79	83
bonne structure	2449	100		4266	101		4086	88	

Tableau II B. — Productions sur terre moins lourde (+ 15 % d'argile).

	1954 : froment			1955 : orge			1956 : avoine		
		rapport			rapport			rapport	
	récolte kg/ha	par objet	par type de labour	récolte kg/ha	par objet	par type de labour	récolte kg/ha	par objet	par type de labour
Labour profond									
mauvaise structure	4474	208	188	4040	90	91	4512	108	101
bonne structure	4357	203		3923	87		4449	106	
Labour normal									
mauvaise structure	2150	100	100	4502	100	100	4176	100	100
bonne structure	2558	119		4271	95		4658	112	
Labour avec sous-solage									
mauvaise structure	3099	114	136	4287	95	97	4597	110	103
bonne structure	3306	154		4184	93		4497	108	

Pour illustrer ce fait, nous donnons au tableau II A, les productions des trois dernières années d'une parcelle très argileuse. On y voit une nette différence de production entre les parties à bonne et à mauvaise structure sur la bande normalement labourée. La moyenne de cette production est comparée avec la récolte moyenne sur la bande labourée profondément et sur la bande labourée avec sous-solage. Sur la bande labourée profondément la production est inférieure de 4 % en 1954, de 8 % en 1955 et de 17 % en 1956, vis à vis de la production obtenue par labour normal ; cette dernière, d'autre part, est de 9 % supérieure en 1954, 10 % supérieure en 1955 et de 17 % supérieure en 1956 aux productions moyennes de la bande labourée avec sous-solage (cfr tableau II A, les rapports de production par type de labour).

Comme second exemple nous prenons la parcelle moins argileuse (15 % d'argile dans la couche arable) qui avait donné les remarquables différences de production en 1954, signalées au début de ce paragraphe. Nous n'avons plus noté de différences de production en 1955 (orge), ni en 1956 (avoine) (voir tableau II B), pas plus qu'il n'y a eu de différence en 1953. Il est à noter que, pour les années 1955 et 1956, l'influence de la pluviosité se retrouve dans les résultats : la première année fut une année extrêmement sèche, la seconde par contre extrêmement humide.

Dans le cas d'une terre à structure détériorée et avec un « pavé du sillon » imperméable, un labour profond ou un sous-solage peut marquer, même après 4 ans et sans apport d'écume, une influence très favorable si l'année est très humide.

C'était le cas en 1956 pour la parcelle moins argileuse, où la moyenne de production sur la bande profondément labourée et sur la bande labourée avec sous-solage était de 9 % supérieure à la production de la bande normalement labourée (voir tableau II B, les rapports par objet). Cette même année la différence de production sur la bande normalement labourée, entre les parties avec et sans déterioration, était de 12 % en faveur de la seconde.

Il est même possible que pour une année très sèche (1955) la production sur la partie avec structure dégradée soit supérieure à celle sur la partie saine, étant donné que la première a pu retenir plus longtemps l'humidité, tandis qu'un labour profond par contre a drainé trop rapidement les couches supérieures.

Sur les bandes à labour profond et à labour avec sous-solage la production en 1955 était de 5 à 13 % inférieure à celle sur la partie dégradée de la bande labourée normalement (voir tableau II B).

Des données qui précèdent, il apparait nettement qu'il faut être très prudent dans l'interprétation des résultats. Le nombre de facteurs, dont il faut tenir compte, est si grand qu'il arrive parfois que l'on en oublie un, justement celui dont l'influence était prépondérante pendant l'année en

cours, ce qui naturellement fausse toute conclusion. Avant de travailler profondément sa terre (soit par labour, soit par sous-solage), il est à conseiller de demander l'avis d'un pédologue, tout en faisant effectuer quelques déterminations (surtout le degré de compacité et l'épaisseur du « pavé du sillon »). Toutefois le labour profond tel quel est à déconseiller dans la région limoneuse.

§ 6. - Peut-on évaluer sur le terrain la dégradation de la structure du sol.

La détermination de l'indice de structure peut se faire actuellement au laboratoire avec une grande précision. Cette étude cependant demande beaucoup de temps et est fort coûteuse.

En effet cet indice doit traduire simultanément plusieurs propriétés physiques du sol, dont les principales sont la vitesse avec laquelle les grumeaux du sol se désagrègent sous l'influence de la pluie et du temps, et la répartition entre les grumeaux et à l'intérieur de ceux-ci des nombreuses porosités, qui retiennent l'air et l'eau du sol.

Non seulement le volume de ces porosités doit être connu, mais également le diamètre des différents groupes de pores. Ce diamètre en effet détermine la force avec laquelle l'eau est retenue par le sol, ou inversement l'énergie requise par les racines des plantes pour sucer l'eau dont elles ont besoin.

Étant donné l'importance de la dégradation de la structure, il importe de pourvoir évaluer approximativement le degré de cette détérioration.

Tout comme au laboratoire, il faut pouvoir évaluer les deux aspects majeurs de la structure : notamment la porosité et la stabilité des agrégats.

Appréciation et évaluation de la structure sur le terrain.

1. - *Évaluation de la porosité.*

a) La morphologie des agrégats.

Quand on examine un profil du haut en bas on peut se rendre compte facilement que, normalement et pour un profil homogène, la couleur devient moins foncée avec la profondeur et que la teneur en argile augmente jusqu'à une certaine profondeur. Simultanément la compacité du sol augmente et sa porosité diminue ; on constate aussi qu'avec la profondeur la morphologie des agrégats change, pour faire place au fur et à mesure qu'on descend, à des agrégats de plus en plus grands et compacts, ce qui correspond à des porosités totales de plus en plus réduites.

En généralisant un peu trop les choses on peut dire que dans un profil argileux lourd sous prairie on distingue successivement de haut en bas :

— une couche superficielle à grumeaux irréguliers, ces derniers étant eux-mêmes finement poreux. Ici la porosité totale est au maximum et une distinction bien nette s'impose entre la macro- et la microporosité (1) ; c'est la structure grumeleuse typique (telle qu'elle est présentée par la photo 3) ;

— en dessous une couche constituée d'agrégats irrégulièrement arrondis, qui sont relativement compacts et peu ou pas poreux. Les grumeaux sont devenus des grains, d'où le nom de structure granulaire (voir photo 20)

Photo 20
Dans les sols lourds les éléments structuraux peuvent être des « grains » (granum) compacts et peu poreux. C'est la structure granulaire.

— avec la profondeur les agrégats deviennent nettement irréguliers, avec des arêtes et des coins plus ou moins arrondis. Pareille structure s'appelle sub-polyédrique : les éléments de pareille structure sont représentés par la photo 21 ;

— ensuite les éléments structuraux deviennent de plus en plus grands et se laissent briser facilement en agrégats anguleux et à arêtes coupantes. Les agrégats se juxtaposent très bien (photo 22) ; la macroporosité est déjà très réduite, tout comme la microporosité. C'est la structure

(1) Macroporosité : porosités entre les grumeaux
Microporosité : porosités à l'intérieur des grumeaux

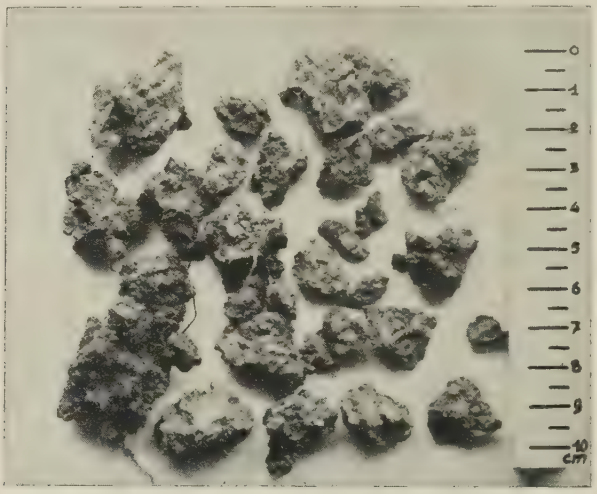


Photo 21
Les éléments structuraux sont relativement compacts, peu ou pas poreux et de forme irrégulière. Les arêtes et coins sont plus ou moins arrondis. C'est la structure subpolyédrique.

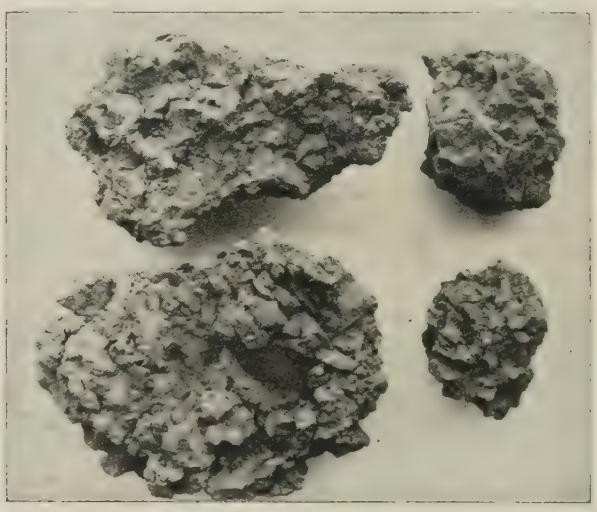


Photo 22
Les mottes de terre de cette photo sont constituées d'éléments structuraux irréguliers, compacts, à arêtes bien nettes et qui se juxtaposent parfaitement les uns dans les autres. C'est la structure polyédrique.

polyédrique. (Dans les sols à mauvaise structure on trouve les éléments polyédriques immédiatement en surface, comme l'a montré la photo (8).

Dans cette structure les dimensions des grands éléments structuraux et des agrégats polyédriques,qui les constituent,peuvent varier beaucoup. Plus les agrégats sont grands, plus la porosité est réduite (photo 23).

Le «coating» (film très mince, argilo-humique, qui recouvre les agrégats) joue un rôle important dans la perméabilité « en grand » du sous-sol ; — si les éléments structuraux prennent une forme allongée et ne se brisent plus facilement en agrégats polyédriques, on parle d'une structure prismatique ou columnaire, suivant leur forme (photos 24 et 25).

Signalons que la succession donnée ci-dessus ne se retrouve pas dans tous les profils. Certaines terres d'autre part, comme par exemple les colluvions, ont leur morphologie propre, caractérisée par une stratification en « varves » extrêmement fines (photo 26), pour autant que le labour n'a pas mélangé ces « varves ».

Photo 23

Structure polyédrique. Dans cette structure le « coating » (film très mince, argilo-humique, qui recouvre les agrégats) provoque la cassure naturelle du sous-sol en voie de dessication.

b) Morphologie et état structural.

Connaissant les formes sous lesquelles les agrégats peuvent se présenter, on peut se demander s'il existe une relation entre la morphologie des agrégats et l'état structural. La réponse est positive. En général on peut dire que la succession des structures grumeleuse, granulaire, sub-polyédrique, polyé-

drique et prismatique correspond à une diminution de la porosité, micro- aussi bien que macroporosité du sol, c. à. d. à un poids spécifique apparent de plus en plus élevé. D'autre part il est vrai aussi que plus l'état structural d'un sol est mauvais, plus les formes polyédriques se rapprochent de la surface, comme le prouve une confrontation des photos 3 et 8.

Photo 24
Structure prismatique.

c) État structural et poids spécifique apparent.

Etant donné cette corrélation entre l'état structural d'une terre, la morphologie de ses agrégats et sa porosité totale (qui trouve une expresssion directe dans le poids spécifique apparent), nous avons songé à apprécier cet état structural, soit par une évaluation de la porosité, si le sol se trouve à un état d'humidité correspondant environ à la « field capacity », soit par la morphologie des agrégats, si le sol est nettement plus sec.

Dans ce dernier cas l'expérience nous a appris que l'évaluation du poids spécifique apparent et de la porosité totale peut être réalisée suivant le schéma A ci-dessous, mis au point par mon collaborateur et chef de travaux, Mr De Boodt.

Ces évaluations contrôlées par un test au laboratoire, sont confirmées dans 85 cas sur 100.

Photo 25
Structure presque columnaire.
Une structure nettement columnaire se retrouve rarement en Belgique.

Évaluation du poids spécifique apparent (P. S. A) et de la porosité totale (P. T.) correspondante

SCHEMA A

Évaluation basée sur la morphologie des agrégats.

Sols argileux et limoneux

Humidité nettement inférieure à la « field capacity ».

Classe I : structure ouverte : PSA : 1,0-1,2 ; PT : 54-62 %.
Ia : structure grumeleuse.
Ib : structure granulaire.
Classe II : structure mi-ouverte : PSA : 1,2-1,4 ; PT : 46-54 %.
IIa : sous faible pression : agrégats grumeleux à granuleux.
IIb : sous faible pression : agrégats sub-polyédriques.
Classe III : structure faiblement fermée : PSA : 1,4-1,6 ; PT : 39-46 %.
: sous faible pression des doigts on obtient des agrégats polyédriques.
IIIa : polyèdres de $\pm$ 3 mm.
IIIb : polyèdres de 3-5 mm.
Classe IV : structure fermée : PSA : 1,6-1,8 ; PT : 21-39 %.
: sous pression assez forte des doigts on obtient des agrégats polyédriques.
IVa : polyèdres de 5-10 mm.
IVb : polyèdres de $>$ 10 mm.
Classe V : structure compacte : une pression des *doigts* ne suffit plus pour obtenir des agrégats.
PSA : 1,8-2,0 ; PT : 23-31 %.
Va : structure columnaire ou prismatique.
Vb : couche compacte ou très faiblement prismatique.

Si le sol est plus humide l'observation des agrégats est bien plus difficile, et il faut procéder d'une autre façon.

Dans ce cas l'évaluation de la porosité,également mise au point par Mr De Boodt, se fait sur une surface plane de 50 cm^2, notamment la surface obtenue lorsqu'on coupe au couteau l'échantillon non perturbé, prélevé avec un anneau d'échantillonnage. En opérant de cette façon, le champ d'observation n'est pas trop grand et reste aussi constant que possible ; en plus toute évaluation peut être contrôlée facilement par la détermination du poids spécifique apparent, les anneaux d'échantillonnage ayant une hauteur de 2 cm, donc un volume de 100 cm^3.

Ici également 85 % environ des évaluations faites sont satisfaisantes. Le schéma B et les photos 27, 28 et 29 en donnent quelques détails.

Photo 26
Structure d'une colluvion récente. Chaque pluie intense entraîne au pied de la pente une mince couche ou « varve » de limon argileux ou limon sablonneux. L'ensemble est nettement stratifié.

Photo's 27, 28, 29
Évalution du poids spécifique apparent et de la porosité totale.
Trois échantillons de limon sableux dans un anneau de cuivre (superficie 50 cm²).
A gauche la porosité est de 46-50 % ; à droite elle n'atteint que 39-42 % ; au milieu elle est de 42-46%.

Évaluation du poids spécifique apparent (P. S. A) et de la porosité totale (P. T.) correspondante.

SCHEMA B

Évaluation de la porosité sur une surface « plane » de 50 m².

Sols argileux, limoneux, sableux.

Humidité : ± = « field capacity ».

Classe I : structure ouverte : PSA : 1-1,2 ; PT : 54-62 %.
Agrégats individuels.
Nombreux petits pores (± 0,5 mm).

Ia : — agrégats nettement délimités ;
— pores régulièrement répartis (distance ± 3 mm).

Ib : — agrégats moins bien délimités ;
— pores répartis moins régulièrement à distance de 2-6 mm.

Classe II : structure mi-ouverte : PSA : 1,2-1,4 ; PT : 46-54 %.
Distribution irrégulière de petits pores (≤ 0,5 mm) et de pores plus grands (1-2 mm).

IIa : — agrégats bien délimités, peu nombreux ;
— petits pores en majorité, à distance de ± 8 mm.

IIb : — plus d'agrégats délimités visibles ;
— grands pores en majorité à distance de ± 15 mm.

Classe III : structure faiblement fermée : PSA : 1,4-1,6 ; PT : 39-46 %.
Absence de petits pores (<0,5 mm).

IIIa : — grands pores (1-2 mm) à distance de ± 2 cm ;
— parfois tâches compactes de 1-2 cm².

IIIb : — grands pores à distance de > 2 cm.
— quelques tâches compactes de plus de 2 cm².

Classe IV : structure fermée : PSA : 1,6-1,8 ; PT : 31-39 ;
présence de nombreuses tâches compactes.

IVa : — peu de grands pores à distance de 3-4 cm.

IVb : — quelques rares grands pores.

2. *Stabilité des agrégats.*

Il est évident que la stabilité structurale n'est pas satisfaisante sur une terre où le phénomène de glaçage est manifeste.

Il serait cependant du plus haut intérêt pratique, si l'agronome pouvait avertir l'agriculteur que sa terre est en voie de dégradation, avant que le phénomène ne soit trop avancé. Dans ce cas il serait aussi possible de choisir dans une recherche agronomique les parcelles d'expérimentation qui offrent toutes les garanties d'homogénéité de la couche arable, aussi bien du point de vue texture que structure.

En partant de considérations théoriques sur l'influence de certaines propriétés des liquides, comme la constante diélectrique, la tension superficielle, la viscosité, sur la stabilité des agrégats, nous sommes arrivés à tester la stabilité des agrégats en plongeant ces derniers dans une série de liquides.

L'eau est un liquide avec une constante diélectrique très élevée, une forte tension superficielle et une faible viscosité ; les agrégats de faible stabilité s'y décomposent facilement.

L'alcool éthylique par contre a des propriétés contraires et les agrégats secs, qui se décomposent dans l'eau, resteront entiers dans l'alcool.

Comme ces deux liquides peuvent se mélanger en toutes proportions, on dispose ainsi d'une série de liquides facile à préparer.

Les plaques de porcelaine pour les réactions à la touche, bien connues dans l'analyse chimique qualitative, sont très utiles pour faire ce test. Dans le creux de ces plaques on introduit quelques gouttes des différents mélanges eau-alcool : les observations se font en quadruple, c. à. d. 4 creux reçoivent de l'eau pure, 4 reçoivent de l'eau avec 10 % d'alcool, 4 de l'eau avec 20 % d'alcool, etc... et dans chaque creux on laisse tomber un agrégat sec d'environ 8 mm. Si les agrégats ne sont pas suffisamment secs, on peut les sécher rapidement sur le terrain en y versant un peu d'alcool, qu'on fait brûler.

Il s'agit en somme d'observer à quelle concentration d'alcool les agrégats ne se désagrègent plus.

Pour pouvoir conclure, après une immersion de 1 à 2 minutes pour les sols légers et de 10 à 15 minutes pour les sols les plus lourds, il faut que 3 des 4 agrégats réagissent dans le même sens : puis on calcule la valeur moyenne des 4 observations : par exemple 3 observations à 50 % et 1 à 60 % d'alcool donnent la valeur moyenne de 53.

Au cas exceptionnel où un agrégat se décomposerait encore dans l'alcool pur, on aura recours à des mélanges d'eau et de dioxane (dioxyde de diethylène) (la constante diélectrique du dioxane pur étant seulement 2, celle de l'alcool pur 25 et celle de l'eau 80).

Le tableau III prouve l'excellente concordance entre les résultats des évaluations et ceux des déterminations au laboratoire par le meilleur procédé auquel on peut avoir recours, notamment celui du tamisage double.

On y voit que les terres à bonne structure ont un indice de stabilité (laboratoire) inférieur à 1,10, ce qui correspond à une désagrégation dans un mélange eau-alcool, contenant au maximum 35 % d'alcool. Pour les terres à structure dégradée, aussi bien dans les polders que dans la région limoneuse, l'indice de stabilité est toujours nettement supérieur à 1,50 (en moyenne même supérieur à 2,00), ce qui veut dire qu'il faut une teneur en alcool dépassant 50 % pour empêcher que les agrégats ne se désagrègent.

TABLEAU III

Confrontation de l'indice de stabilité (déterminé au laboratoire) avec le résultat de l'évaluation rapide

1. Sol séché sur le terrain (alcool, qu'on fait brûler)
2. Sol séché à l'air (1 semaine)
3. Sol séché à 105°C à l'étuve. (4 analyses pour chaque échantillon).

	Indice de stabilité (tamisage à sec, puis sous eau)	Évaluation de la stabilité (immersion eau-alcool)		
		1	2	3
Sols argileux				
Sol ouvert				
DMa (*)	0,70	26	35	26
b	0,60	26	26	26
MZa	0,75	26	26	26
b	0,85	35	26	26
Transition vers les sols de glaçage				
Zwpa	1,15	35	35	35
b	1,20	35	44	35
Sols de glaçage				
sableux STrVa	2,03	63	63	53
b	2,16	63	53	44
argileux TanVa	2,20	63	53	44
b	1,85	53	44	53
argileux HSa	2,00	63	53	63
b	1,80	53	44	53
Sols limoneux				
Structure satisfaisante				
LHW	1,06	35	35	35
Sol à structure dégradée				
LHA	2,20	63	53	53
LHB	2,32	63	53	63
LHC	1,83	53	44	53
JVA	2,10	63	53	53
JVB	2,24	53	53	53

(*) Les lettres a et b indiquent respectivement les profondeurs 1-3 et 3-5 cm.

§ 7. - ÉTUDE DE LA STRUCTURE AU LABORATOIRE.

La première question qui se pose, est celle de la prise des échantillons.

a) *Prélèvement des échantillons.*

Comme il s'agit d'une étude de la structure et de la porosité du sol, tout le monde comprend qu'une partie au moins des échantillons devra être prélevée de telle façon que la structure du sol reste inchangée avant et après le prélèvement. La technique la plus simple consiste alors à enfoncer, le plus doucement possible, un cylindre dans le sol et à l'emporter avec la terre qu'il contient, après l'avoir sorti prudemment du sol et coupé la terre qui déborde.

Immédiatement cependant se pose le problème des dimensions du cylindre. En général on s'en tient à des cylindres d'un diamètre de 8 cm environ et d'une hauteur de 6 à 10 cm.

Quant au diamètre, tout le monde est d'accord : on admet qu'un diamètre de 7 cm doit être un minimum, étant donné l'irrégularité de la répartition des pores. Pour la hauteur des cylindres l'accord est loin d'être unanime.

La structure en effet varie rapidement avec la profondeur ; ces variations peuvent être de sens inverse dans les premiers centimètres, même pour des terres très semblables, comme le montre la figure 3 ; il en résulte que deux terres, ayant environ la même texture mais une structure fortement différente, peuvent avoir une porosité moyenne égale si la hauteur du cylindre de prélèvement est trop grande.

En principe nous estimons qu'il faut avoir recours à des cylindres ayant la hauteur la plus réduite possible ; en pratique il faut une hauteur d'environ 2 cm, si l'on veut éviter que l'échantillon tombe de l'anneau quand on coupe les bords.

Un échantillonnage pareil permet en plus d'étudier les variations verticales de la structure, ce qui est souvent très important (fig. 3).

Dans nos recherches la comparaison des valeurs trouvées aux profondeurs de 1-3 et de 3-5 cm s'est avérée être très utile pour juger du degré de détérioration de la structure. Aussi nos prélèvements se font-ils maintenant toujours aux profondeurs citées de 1-3 et de 3-5 cm en enfonçant 2 anneaux superposés. En principe les cylindres doivent pouvoir s'enfoncer facilement ; si la résistance est trop forte, il faut dégager la terre environnante.

Les échantillons en outre doivent être transportés dans des caisses « anti-choc », dont le fond et le couvercle sont tapissés d'une couche de caoutchouc mousse.

Au laboratoire une technique de conservation a été mise au point, permettant de conserver les échantillons pendant 1 an, sans variations notables de la structure.

Tout comme sur le terrain, le sol doit être examiné, et du point de vue de la stabilité des agrégats, et du point de vue de la porosité.

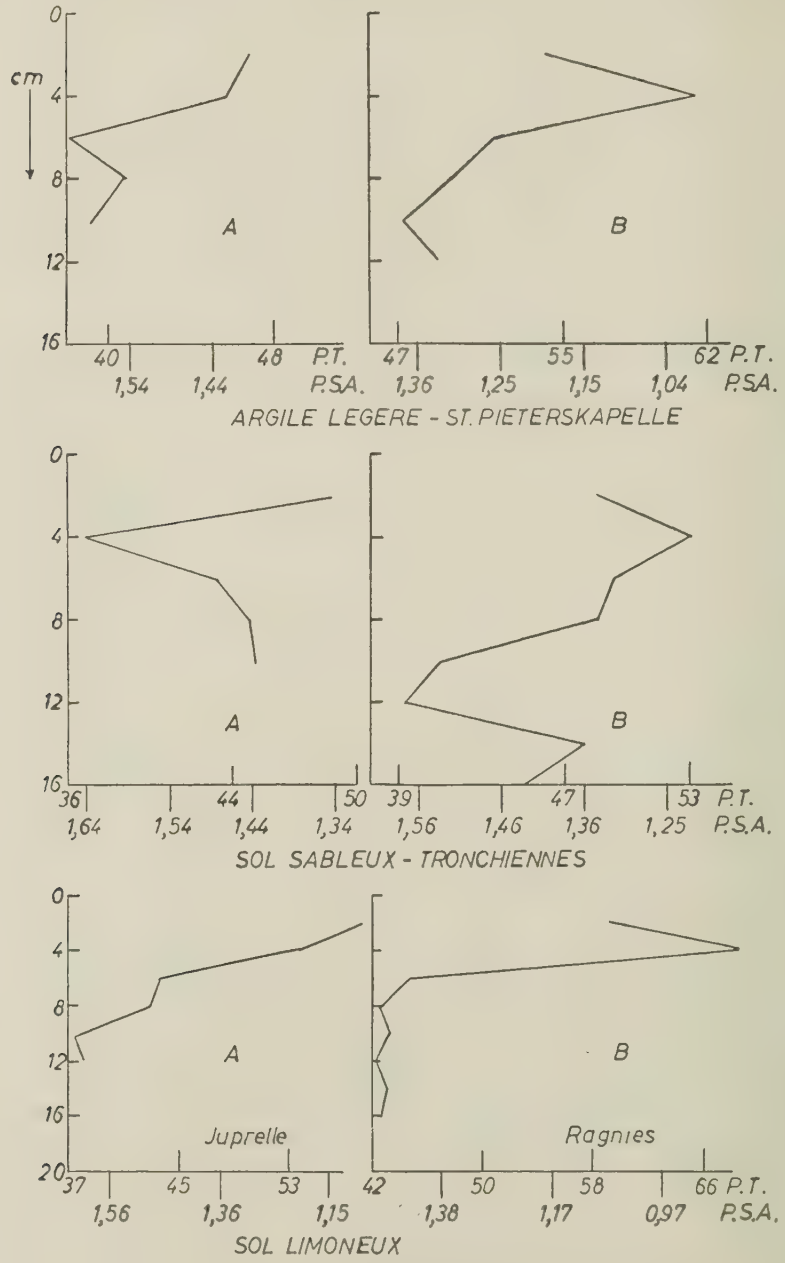


FIG. 3 — Variations du poids spécifique apparent (P. S. A.) et de la porosité totale (P. T.) avec la profondeur

b) *Stabilité des agrégats.*

Une des techniques les plus répandues est celle du tamisage sous eau d'une certaine quantité d'agrégats.

Le principe bien simple est illustré par la figure 4 :

Fig. 4 — Tamisage sous eau.
Une série de 7 tamis superposés (A) (les diamètres des mailles sont successivement 8 ; 4,8 ; 3 ; 2 ; 1 ; 0,5 ; et 0,3 mm,) est suspendue dans un récipient d'eau (C), puis soumise à des oscillations, dont l'amplitude est déterminée par une suspension excentrique (D).

les agrégats secs mis dans le tamis supérieur se répartissent sur les différents tamis inférieurs, cette répartition étant influencée par l'action de l'eau pendant un temps de tamisage de 5 minutes (voir aussi photo 30).

Ce tamisage sous eau peut se faire de nombreuses façons, qui varient dans les détails, comme le diamètre des mailles et le nombre de tamis, la préparation de l'échantillon, la façon plus ou moins brutale du tamisage sous eau, et le temps de tamisage. L'importance de tous ces détails a été étudiée par nous, ce qui a permis d'arriver à une technique perfectionnée, permettant de détecter l'influence du chaulage, aussi bien sur les terres argileuses, que limoneuses et sablonneuses (fig. 5)

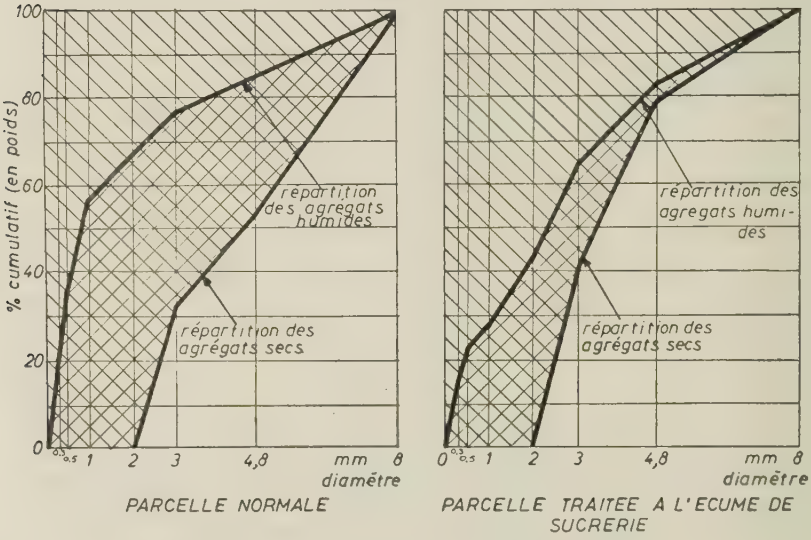


Fig. 5 — Stabilité des agrégats d'une terre limoneuse.
La surface entre les 2 courbes (répartition des agrégats humides et répartition des agrégats secs) traduit très bien la stabilité des agrégats. La comparaison des 2 diagrammes illustre l'influence d'un apport d'écume de sucrerie.

C'est là un critère pratique de haute importance.

Le perfectionnement le plus important consiste dans la confrontation de la répartition des agrégats avant et après le tamisage sous eau, ce qui permet d'exprimer directement l'action de désagrégation de l'eau par la surface planimétrée entre les deux courbes de distribution des agrégats (fig. 5).

Le fait que l'influence d'un chaulage peut être très bien suivi par cette méthode et la bonne concordance qu'on trouve avec le procédé d'évaluation sur le terrain (immersion dans un mélange eau-alcool) font de cette technique une méthode satisfaisante (voir tableau III).

c) *Porosité et économie en eau.*

Le second aspect du problème, notamment celui de la porosité, est intimement lié à l'économie en eau. Tout comme il existe dans un sol toute une gamme de particules minérales, allant d'un diamètre d'un mm environ à des particules inférieures au millième de millimètre, il existe également toute une gamme de porosités.

La détermination de la porosité totale nous fournit bien une donnée intéressante, mais nettement insuffisante pour juger de la structure du sol et de l'économie en eau, qui en résulte.

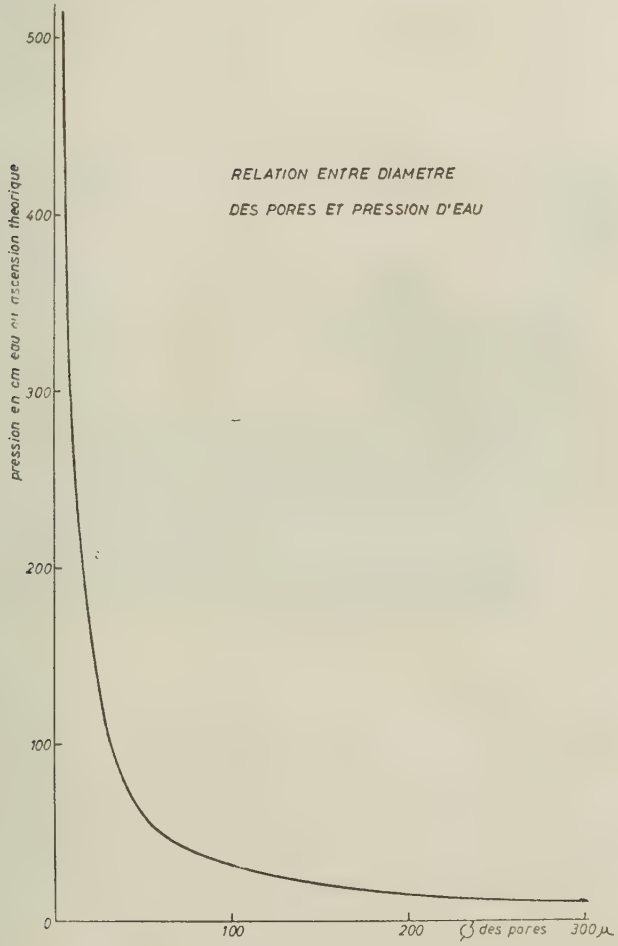


Fig. 6 — A chaque diamètre des pores correspond une certaine pression pour enlever l'eau qu'ils contiennent.

Pour apprécier l'économie en eau d'un sol il faut également connaître les différents groupes de pores, classés eux aussi suivant leur diamètre, ainsi que le pourcentage de ces groupes de pores dans la porosité totale.

Le principe, qui est à la base de la technique pour la détermination du volume des différents groupes de pores, est illustré par la fig. 6 : à chaque diamètre des pores correspond une certaine hauteur d'ascension capillaire ou inversement une certaine pression ou succion pour vider ce pore de l'eau qu'il contient.

Le diagramme de la fig. 7 nous donne le résumé de plusieurs années de recherches.

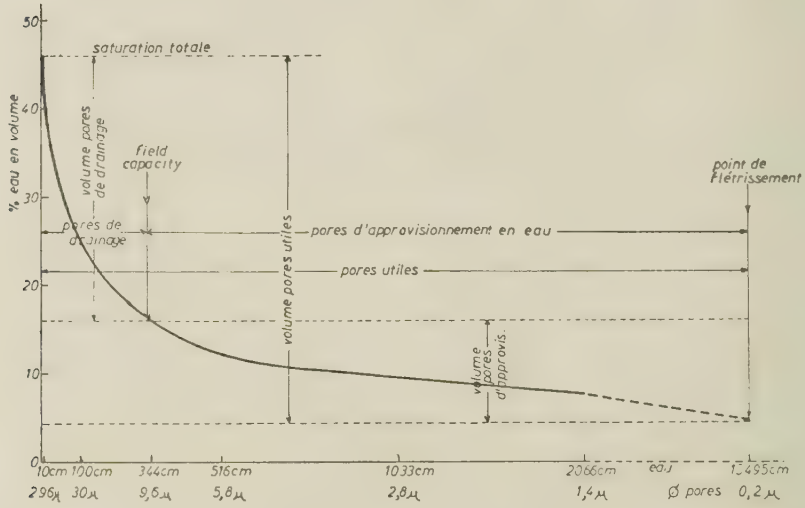


Fig. 7 — Courbe de tension d'eau d'un sol sableux et groupes de pores caractéristiques.

En pratique, et en se basant sur ce qui se passe sur le terrain, 3 déterminations sont importantes :

α) le volume des pores permettant un drainage rapide : ce volume est égal à la quantité d'eau qui peut être éliminée d'un sol saturé d'eau lorsqu'on le soumet à une succion ou à une pression égale à celle du poids d'une colonne d'eau de 100 cm de hauteur. Autrement dit : c'est la quantité d'eau qui peut être sucée d'un sol par un filet d'eau *ininterrrompu* qui va de la couche arable à un drain, situé à une profondeur d'un mètre.

β) le volume des pores à la « Field capacity » ou « capacité de rétention d'eau au champ ». Ce volume est égal à la quantité d'eau qui peut être éliminée d'un sol saturé d'eau, lorsqu'on le soumet à une pression d'un tiers

d'atmosphère (ou à une pression égale à celle du poids d'une colonne d'eau d'une hauteur de 344 cm - voir fig. 7).

Le volume de ces pores donne le volume *total* des pores de drainage : c'est le volume de pores qui se vide d'eau au cours des 24 à 36 heures qui suivent une bonne chute de pluie.

γ) le volume des pores au point de flétrissement des plantes.

C'est le volume des pores qui se vide d'eau sous une pression de 15 atmosphères (ou une pression égale à celle du poids d'une colonne d'eau de 15.495 cm de haut).

Comme on sait que normalement le système radiculaire des plantes cultivées de nos régions tempérées est capable de sucer l'eau des pores avec une force de succion moyenne égale à 15 atmosphères, la valeur ainsi obtenue a une grande signification.

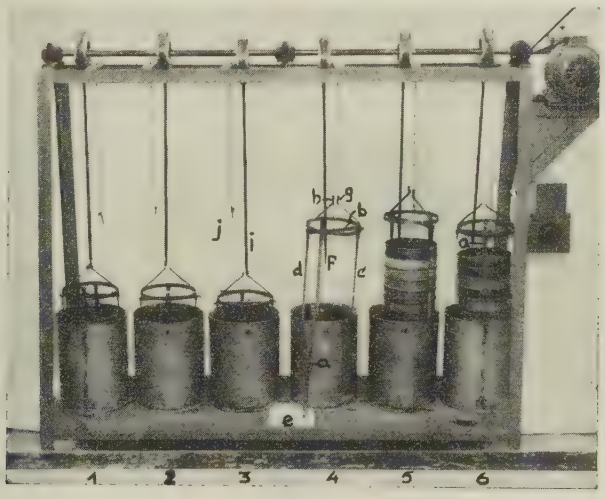


Photo 30

Appareil pour le tamisage sous eau d'une série de 6 échantillons (1 à 6).

Le volume total des pores, déterminé de cette façon, s'appelle à juste titre : « le volume total des pores utiles ». Toute l'eau que ces pores contiennent peut être sucée par les plantes de nos régions tempérées ; une fois cette eau éliminée, la plante atteint son point de flétrissement, malgré le fait que nos terres limoneuses contiennent à ce moment encore 10 % d'eau environ (les terres sablonneuses $\pm$ 5 %, et les terres argileuses lourdes $\pm$ 20 %).

Toute la technique de laboratoire revient alors à déterminer la teneur en eau que contient un échantillon de sol qui a été soumis à ces différentes

pressions ; comme la densité de l'eau est égale à l'unité, la teneur en eau correspond à chaque point au volume du groupe de pores cherché.

Les photos 31, 32, 33 donnent une vue de l'appareil construit à cet effet, permettant la détermination de plusieurs échantillons à la fois (par semaine nous faisons actuellement 72 déterminations des 3 points α, β, γ, énumérés ci dessus, permettant de tracer la courbe de tension d'eau, dite courbe pF - fig. 7).

Partant de la courbe donnant la répartition des pores, il est possible de choisir ce que nous appelons « le volume des pores critiques ».

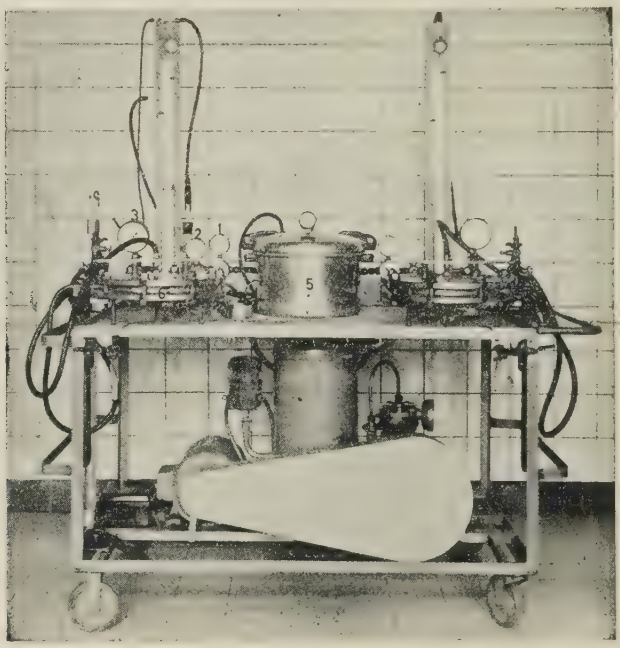


Photo 31
Appareil pour la détermination en série des courbes de tension d'eau des sols. Appareil en ordre de marche.

Par cette expression nous entendons que le groupe de pores le plus important pour le développement des plantes varie suivant la nature du sol : dans les terres argileuses lourdes le groupe des pores de drainage (d'un diamètre supérieur à 10 microns et vidés sous une pression d'un tiers d'atmosphère) est le plus important, alors que pour les terres limoneuses c'est l'ensemble des pores utiles (tous les pores supérieurs à 0,2 micron et vidés sous 15 atmosphères) qui constitue le groupe des pores critiques.

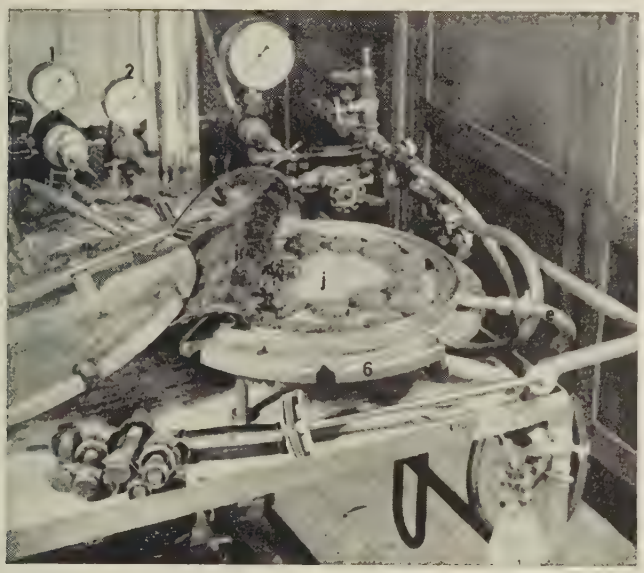


Photo 32
Partim de la photo 31. Partie (ouverte) pour les déterminations sous haute pression.

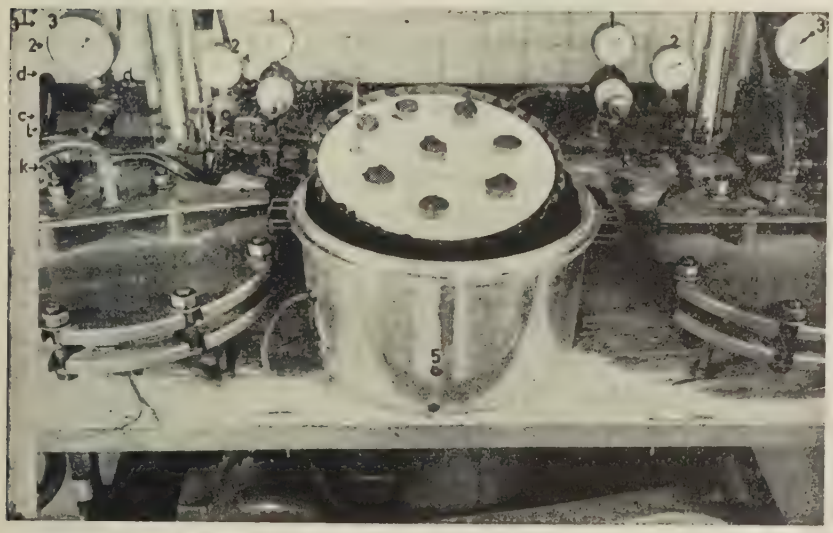


Photo 33
Partim de la photo 31. Partie (ouverte) pour les déterminations sous faible pression.

Le choix de ces groupes est basé sur une confrontation, faite pendant plusieurs années, avec la productivité sur des sols, ayant un niveau de fertilisation chimique très satisfaisant, mais des structures différentes.

d) *Indice de structure.*

Partant de ces groupes de pores critiques, qu'on multiplie par le facteur de la stabilité des agrégats signalé plus haut, et tout en tenant compte d'un facteur de gonflement (qui varie avec la teneur en argile et humus du sol) on arrive finalement à un indice de structure.

Cet indice a été confronté pendant 4 ans sur de nombreuses parcelles d'expérimentation avec la productivité. Non seulement nous avons pu montrer ainsi qu'il existe une corrélation entre différentes propriétés des sols (comme par exemple entre la teneur en argile et la teneur en eau au moment du flétrissement des plantes (fig. 8), mais aussi que l'indice de

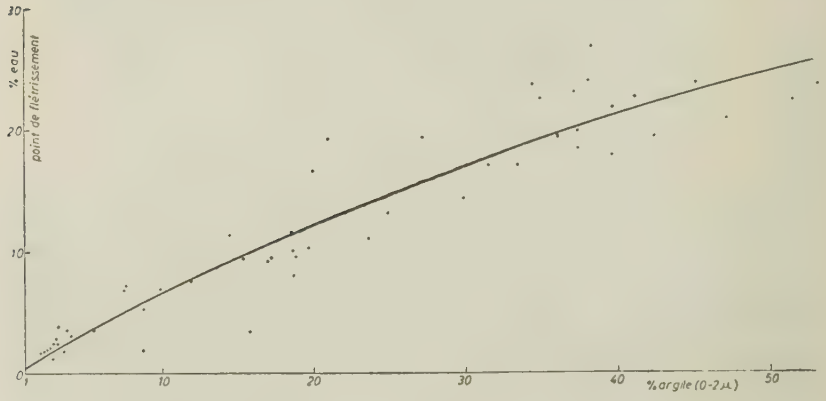


Fig. 8 — Polders Marins
Corrélation entre la teneur en argile (0-2μ) et le point de flétrissement (% en eau)

structure, tel qu'il est déterminé par nous, montre souvent une corrélation frappante, dans les sols dont l'équilibre nutritif (N. P. K.) est assuré, avec la productivité. Il s'est même avéré que dans les terres légères l'indice de structure présente un optimum (fig. 9), au delà duquel la productivité diminue.

Inutile de dire que les parcelles d'expérimentation choisies pour ces études avaient toutes un niveau de fertilisation chimique très satisfaisant, et que les différents états structuraux étaient obtenus par un traitement soit au krilium, soit à l'écume de sucrerie, soit avec une forte dose de fumure

organique, ou bien par un labour profond ou un labour avec sous-solage. Ils est cependant de la plus haute importance de souligner qu'une conclusion tirée d'une étude de la structure du sol n'a de signification réelle, que si l'étude a été poursuivie pendant plusieurs années. Particulièrement dans ce domaine les conclusions prématurées sont dangereuses.

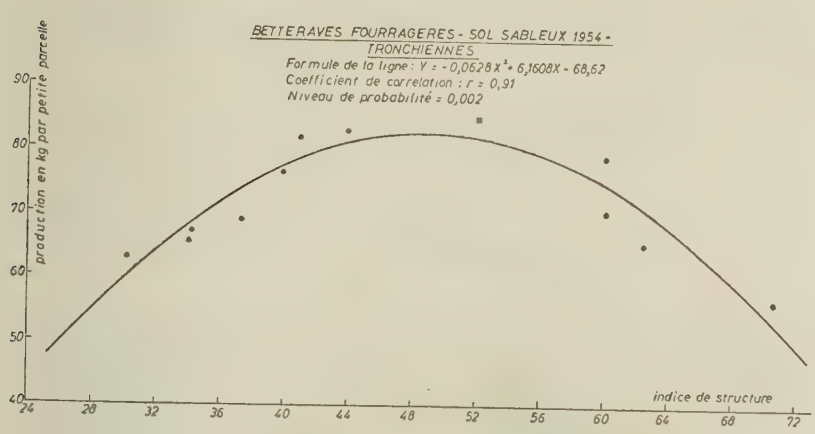


FIG. 9 — Indice de structure et productivité
Betteraves fourragères ; sol sableux 1954 ; Tronchiennes
Formule de la ligne : $y = -0{,}0628x^2 + 6{,}1608x - 68{,}62$
Coefficient de correlation : $r = 0{,}91$
Niveau de probabilité = 0,002 (ou 99,8 %)

LABORATOIRE DE CHIMIE ANALYTIQUE

Détermination polarographique simultanée de l'acide ascorbique et de l'étain dans les jus de fruits (*)

par Charidéme Kiourtsakis, Paul Nangniot et Pierre H. Martens.

On sait que l'acide ascorbique (Vitamine C), présent dans de nombreux fruits charnus, possède des propriétés réductrices, mises à profit en vue de son dosage. On utilise aussi son action décolorante sur le dichlorphénol-indophénol [1], son action réductrice sur les sels ferriques [1] et enfin ses possibilités d'oxydation par action d'un courant électrique constituant la méthode polarographique.

L'étain, qui se rencontre en minime quantité dans les denrées conservées en boites étamées, est dosable aussi par les moyens qu'offre la dite méthode [22].

Les principes de cette méthode électro-chimique d'analyse ne seront pas exposés ici : d'excellents traités [12, 17, 19, 20, 25] décrivent à suffisance ses possibilités, les appareils et les précautions essentielles qui lui sont propres ; nous n'en reprendrons que ce qui nous servira directement.

C'est ainsi que, par convention, les signes des potentiels appliqués entre électrodes sont notés d'après la polarité de l'électrode à gouttes de mercure qui constitue l'électrode de travail et sont rapportés au potentiel d'une électrode mercure/calomel, saturée en chlorure potassique (S. C. E. = Saturated Calomel Electrode) qui constitue la seconde électrode du système ou électrode de comparaison.

Nous signalons enfin que nos enregistrements ont été obtenus, pour une part au moyen d'un polarographe Radiometer type PO^{3}e (Copenhague) et pour une autre part au moyen d'un polarographe Metrohm type E 261 (Herisau), les solutions étant maintenues à la température de 25° C.

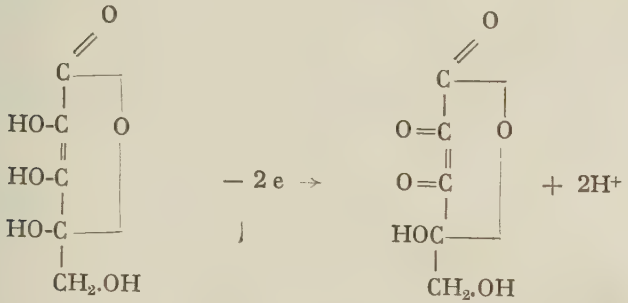
La cellule utilisée est du type classique en H de *Kalousek* [15] légèrement

(*) Déposé à la rédaction le 28 juin 1958.

modifiée de manière à permettre une désoxygénation très rapide (5-6 minutes).

A. — Application au dosage de l'acide ascorbique.

L'acide ascorbique s'oxyde en acide déshydroascorbique suivant l'équation :



Il s'agit ici d'une vague anodique ou vague d'oxydation : l'électrode à goutte est positive ; *Muller* et *Phillips* [20], *Cattaneo et Sartori* (3) ont étudié cette vague.

1. — *Le nombre d'électrons échangés dans la réaction électrochimique.*

Le nombre n d'électrons échangés dans une réaction électrochimique traduite par une onde polarographique, se déduit de l'équation d'*Ilkovi*č [13] :

$$n = \frac{i_d}{605.\ D^{1/2}\ m^{2/3}\ t^{1/6}\ c}$$

La valeur i_d est mesurée au polarographe à partir d'une solution aux titres :

1×10^{-3} M en acide ascorbique pur
M/60 en Na_2HPO_4 } constituants tampon
M/60 en KH_2PO_4 }
0.002 % en Triton X-100 (suppresseur de maximum)
(pH de la liqueur : 6.60).

D, le coefficient de diffusion, étant initialement inconnu, a été calculé par l'équation de *Stokes-Einstein* [27] applicable aux substances non chargées à dilution infinie :

$$D_o = \frac{3.32 \times 10^{-5}}{(V_m)^{1/3}}\ cm^2\ sec^{-1}$$

dans laquelle V_m est le volume moléculaire apparent de la substance à l'état solide.

Pour l'acide ascorbique $V_m = \frac{P.M.}{d_s} = \frac{176.12}{1.65}$

Dans ces conditions :

$$D_o = \frac{3.32 \times 10^{-5}}{(176.12/1.65)^{1/3}} = 0.7 \times 10^{-5} \text{ cm}^2. \text{ sec.}^{-1}$$

Sachant que la constante $m^{2/3} t^{1/6}$ du capillaire utilisé dans l'essai valait, à O Volt, 2.34 $\pm$ 0.06 $\text{mgr}^{2/3}$ $\text{sec.}^{1/2}$ et que l'intensité i_d de la vague a été trouvée égale à 4,96 μ A, il venait

$$n = \frac{4.96}{605 \times (0.70 \times 10^{-5})^{1/2} \times 2.34} = 1.97 \simeq 2$$

comme l'équation de réduction le montrait.

La vague anodique est irréversible ; d'une part *Muller* et *Phillips* [21] ont montré que les valeurs $E_{1/2}$ sont plus positives de 0.21 Volt que les valeurs de potentiel d'oxydo-réduction obtenues par potentiométrie ; et, d'autre part, *Ono, Tasaki* et *Wasa* [23] ont montré que les vagues de réduction de l'acide déshydroascorbique se situent à des potentiels qui correspondent aux vagues d'oxydation de l'acide ascorbique.

2. — *Les variations de $E_{1/2}$ et de i_d avec la valeur pH*

a. Précautions opératoires.

L'oxygène présent à l'état dissous se marque par deux vagues polarographiques dont les valeurs $E_{1/2}$ sont respectivement – 0.2 et —1.2 volt ; il y a donc lieu de craindre l'interférence de la première vague de réduction de l'oxygène avec la vague d'oxydation de l'acide ascorbique ; en conséquence, il est indispensable de chasser cet oxygène pour pouvoir opérer une mesure exacte du courant de diffusion dû à l'acide ascorbique.

La désoxygénation présente, en plus, l'avantage d'une meilleure conservation de l'acide ascorbique et d'une meilleure reproductibilité des mesures.

Il est aisé de contrôler la complète désoxygénation du milieu après un barbotage d'azote : il suffit d'enregistrer successivement un polarogramme à la position de la ligne zéro (courant nul) ; si la désoxygénation est complète le palier inférieur du polarogramme coïncide avec la ligne zéro comme le montre la figure I.

Cette figure I montre clairement qu'il est cependant possible de mesurer

à peu près correctement la hauteur réelle de la vague obtenue avec l'acide ascorbique sans désoxygénation, à condition d'enregistrer la ligne zéro du galvanomètre et de mesurer la hauteur à partir de cette ligne. Cette manière de faire présente l'avantage de la rapidité, mais on ne peut pas l'admettre dans le cas de mesures exactes.

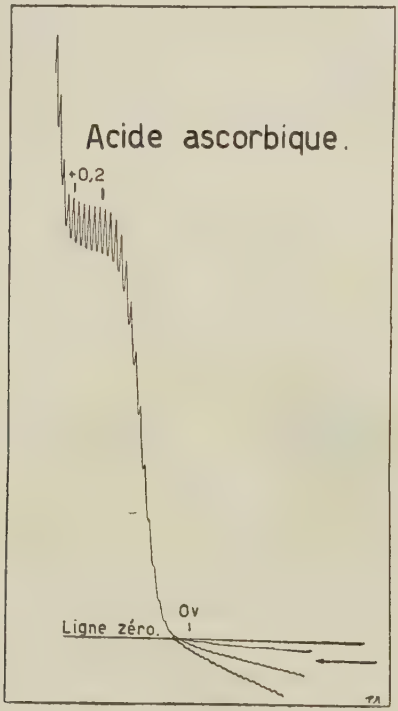


FIG. 1

b. Comparaison de tampons.

Toutes les mesures ont été prises à partir de solutions fraîchement préparées d'acide ascorbique pur à la concentration 1×10^{-2}M renouvelées toutes les 24 heures et diluées à la concentration 1×10^{-3}M en vue des essais. La constante du capillaire valait 1.565 mg $^{2/3}$ sec $^{-1/2}$ à 25° C, sous 0 Volt.

1) *Tampons de Sörensen* [25] : mélanges de Na_2HPO_4.2 aq. 0.0375N et K_2HPO_4 0.0375N.

TABLEAU I

Comparaison des valeurs $E_{1/2}$ et i_d. dans les tampons de Sörensen

pH	$E_{1/2}$ SCE	id (μA)	I	Observations
5.75	+ 0.01	5.21	3.33	Toutes les vagues sont parfaitement définies : le palier supérieur est presque parallèle au palier inférieur. Cependant, l'élévation du pH provoque un rétrécissement de la longueur du palier : il est bon de ne pas dépasser le pH 7.
6.20	— 0.02	4.92	3.14	
6.40	— 0.03	5.00	3.19	
6.60	— 0.04	4.96	3.17	
6.80	— 0.045	5.12	3.27	
7.00	— 0.05	5.12	3.27	
7.10	— 0.05	5.12	3.27	
7.35	— 0.07	5.12	3.27	
7.65	— 0.08	5.21	3.33	

2) *Tampons de Theorell et Stenhagen* [28].

Ces tampons sont préparés comme suit :
Liqueur A : HCl 0.1 N.
Liqueur B : Ajouter à des solutions d'acide citrique (env. 100 cc) et d'acide phosphorique correspondant à 100 cc. de NaOH N, 3,54 gr. d'acide borique à 343 ml. de NaOH. N. On porte au litre.

On mélange les liqueurs A et B en proportions diverses de manière à obtenir une gamme de pH variable de 2 à 13,

L'emploi de ces tampons comme milieux de base pour l'acide ascorbique ne fournit pas de bons résultats : le palier supérieur des polarogrammes, très faible et très incliné, ne permet pas de mesures exactes de la hauteur des sauts, sauf dans la zone des pH variant de 5.5 à 7.5 où la forme des sauts peut être considérée comme acceptable.

3) *Tampons Ammoniaque-chlorure ammonique*

Ces tampons peuvent, à la rigueur, être utilisés entre les pH 8.2 et 8.7, mais leur usage n'est pas à conseiller car, à ces valeurs, leur pouvoir tampon est faible.

4) *Tampons de Britton et Robison* [2].

Ces tampons se préparent comme suit :
Liqueur A : NaOH 0.2 N.
Liqueur B : Mélanges à volumes égaux d'acide acétique 0.12 N, d'acide borique 0.12 N et d'acide phosphorique 0.12 N.

Par mélange, en proportions variables, des liqueurs A et B, on obtient des liqueurs dont le pH se situe de 2 à 12.

TABLEAU II

Comparaison des valeurs $E_{1/2}$ et de i_d dans les tampons de *Britton* et *Robison*

pH	$E_{1/2}$(SCE)	i_d(μA)	I	Observations
2.35	+ 0.16	5.07	3.24	légère perturbation du palier supérieur
2.70	+ 0.15	5.00	3.19	
3.30	+ 0.14	5.05	3.23	vague excellente
4.15	+ 0.09	4.95	3.16	
4.70	+ 0.06	4.85	3.10	
4.85	+ 0.06	4.80	3.07	
5.00	+ 0.05	4.85	3.10	
5.85	+ 0.02	4.90	3.13	
6.25	0.00	4.40	2.81	
6.75	— 0.02	3.95	2.52	
7.20	— 0.04	4.41	2.82	
8.10	— 0.06	3.63	2.32	
9.10	— 0.10	3.13	2.00	Formation d'une double vague
	+ 0.08	3.15	2.01	
9.95	— 0.15	2.55	1.63	id
	+ 0.01	2.05	1.31	
10.50	— 0.13	4.73	2.89	Les 2 vagues presque en coïncidence
11.50	— 0.19	4.20	2.68	Les 2 vagues se confondent

5) *Tampons acide acétique — acétate sodique (Michaelis).*

Obtenu par mélange d'une liqueur d'acide acétique 0.2 N avec une liqueur d'acétate sodique 0.2 N.

TABLEAU III

Comparaison des valeurs $E_{1/2}$ et de i_d dans les tampons de *Michaelis*

pH	$E_{1/2}$	i_d(μA)	I	Observations
4.30	+ 0.06	5.10	3.26	
4.60	+ 0.04	4.92	3.14	Vagues parfaitement définies
4.70	+ 0.03	4.90	3.13	
5.0	+ 0.03	4.80	3.07	
5.2	+ 0.03	4.60	2.94	

De l'étude de ces cinq tampons, on peut conclure :

1) Les tampons de *Sörensen*, *Michaelis* et *Britton* et *Robison* peuvent convenir en analyse quantitative ;
2) Le tampon de *Michaelis*, au pH 4,60, aura la préférence, en raison de sa résistance élevée aux variations de pH.
3) Lorsque le pH augmente, le potentiel de demi-onde de la vague d'oxydation de l'acide ascorbique se déplace vers les valeurs négatives.
4) Si on reporte en diagramme les valeurs de $E_{1/2}$ aux divers pH pour le tampon de *Britton-Robison*, on obtient une courbe dans laquelle les inflexions se situent au voisinage des valeurs pK_1 et pK_2 de l'acide ascorbique (Voir Figure II).

$pK_1 = 4.17$ Inflexion$_1$: 3.9
$pK_2 = 11.57$ Inflexion$_2$: 11.0

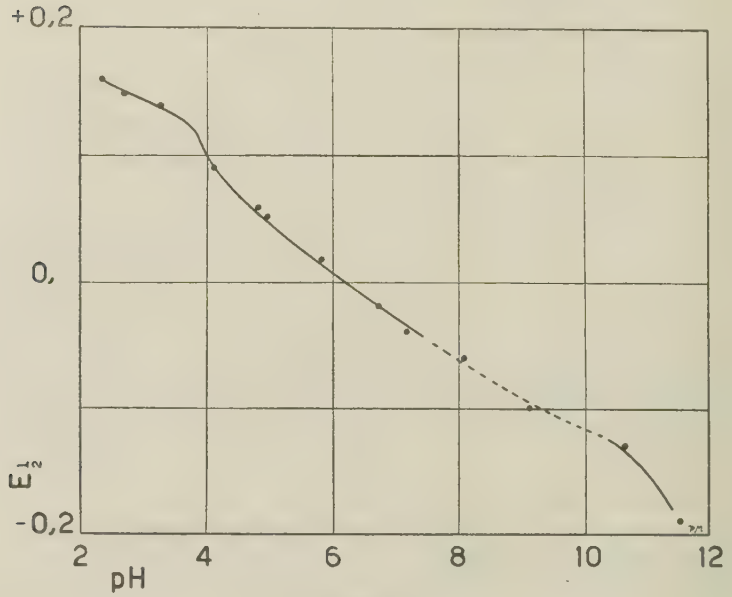


FIG. II

3. — *Nécessité de stabilisants.*

La vitamine C est très sensible à l'oxydation. Cette oxydation est catalysée par la présence de métaux tels que le cuivre, le zinc, le fer et le plomb, par les enzymes du type oxydase et par les radiations ultra-violettes ; l'instabilité des solutions augmente avec la dilution. Aussi est-il indispensable de travailler sur des solutions d'acide ascorbique dont la période de prépa-

ration n'excède pas quelques heures et qui contiennent l'un ou l'autre des stabilisants suivants :

1) Acide éthylène diaminotétraacétique (E. D. T. A) à la concentration de 0.05 % [7,8]
2) Thiocyanate de potassium ou le ferrocyanure de potassium à la concentration de 20 à 30 mg/litre [6].
3) L'acide métaphosphorique à 2 % [1].
4) Le citrate de soude neutre à la concentration de 10 g/litre.

Nous avons éprouvé l'efficacité du thiocyanate de potassium, du ferrocyanure de potassium, de l'acide métaphosphorique et du citrate de potassium. Tous ces stabilisants protègent efficacement l'acide ascorbique de l'oxydation et ne perturbent pas sa vague d'oxydation, sauf le ferrocyanure de potassium. Le tableau IV indique, en fonction du temps le pourcentage d'acide ascorbique non oxydé.

L'expérience a été réalisée sur une solution d'acide ascorbique 1.10^{-3}M à pH 6,8, dans le tampon de *Sörensen.*

TABLEAU IV

Influence des stabilisants sur la conservation de l'acide ascorbique

Temps en heure	Absence de stabilisants		KSCN 30 mg/l solution désoxygénée	citrate de K 100 mg/l. sol. désoxygénée
	sans désoxygénation	avec désoxygénation		
0	100	100	100	100
0.5	78	—	100	100
1	61	94	100	100
2	—	91	100	100
3	—	89	98	98
4	—	88	—	97
5	25	88	—	97.5
6	—	87	—	97.5
7	—	84	—	—
8	—	79	—	—
24	—	75	95	95

L'efficacité d'une parfaite désoxygénation et la nécessité de la présence d'un stabilisant sont suffisamment démontrées par ces tableaux pour qu'il ne soit pas nécessaire d'insister davantage.

4. — *Le problème analytique.*

1. Courbe de calibrage.

On enregistre les polarogrammes de liqueurs d'acide ascorbique dont les titres sont parfaitement connus. Dans un ballon jaugé de 50 ml. on introduit successivement :

10 cc. d'acide acétique N
10 cc. d'acétate sodique N
0.5 cc. de Triton X — 100 à 0.2 % (suppresseur de maximum)
un volume mesuré de liqueur d'acide ascorbique fraîchement préparée et stabilisée.

On porte au volume avec de l'eau. Après désoxygénation à l'azote pendant 10-15 minutes, on passe au polarographe entre −0.3 et +0.3 volt ; le potentiel de demi-onde se situe à +0.045 volt S. C. E. (+ 0,09 Volt S. Ag. E.).

La courbe est représentée par une droite passant par l'origine, comme le montrent les résultats du tableau V.

TABLEAU V

Courbe analytique de l'acide ascorbique

c	$i_d(\mu A)$	I
0.10×10^{-3}M	0.48	3.08
0.20	0.98	3.13
0.40	2.00	3.19
0.80	3.90	3.11
1.00	4.93	3.15
1.20	5.88	3.13
1.60	7.80	3.11

2. L'addition standard.

Evitant de passer par la courbe de calibrage, la pratique de l'addition standard permet encore une vérification de l'identité de la matière réagissante avec la matière à doser par observation d'identité des potentiels de demi-onde, mais elle double le travail d'enregistrement.

Kolthoff et *Lingane* ([17]) la décrivent comme suit : On enregistre d'abord le polarogramme sur une solution de volume V' et de concentration x à déterminer, qu'on a introduite dans la cellule du polarographe.

Immédiatement après cet enregistrement on ajoute dans la cellule un volume V'' d'une solution standard de concentration c'' en substance à doser

et on enregistre le nouveau polarogramme : les mesures des deux sauts donnent respectivement les valeurs h' et h''.

La concentration x de la solution à examiner est définie par la formule :

$$x = \frac{h'\ v''\ c''}{V'(h''-h') + V''\ h''}$$

B. — Application au dosage de l'étain.

Il est vraisemblable que l'étain existant dans les jus de fruits contenus en boites provient uniquement de la corrosion de la mince couche d'étain qui recouvre la tôle et que, vu l'absence d'air dans le milieu, il s'y trouve sous l'état Sn^{2+}.

1. — *Les milieux de base.*

Au polarographe les solutions de Sn^{2+} fournissent, en milieux tartrate ou citrate, deux ondes, l'une anodique et l'autre cathodique dont les valeurs $E_{1/2}$ diffèrent d'environ 0.3 Volt et se déplacent d'ailleurs vers des potentiels d'autant plus négatifs que le milieu devient plus alcalin. Il convient d'attirer une attention spéciale sur la nécessité d'une parfaite désoxygénation, ce qui exige en principe un long temps.

a. — Milieux citratés 0.5 M

Les valeurs $E_{1/2}$ et i_d varient avec le pH comme le montrent les quelques chiffres suivants :

Liqueur 5×10^{-3}M en Sn^{2+}

Tableau VI

Comparaison de $E_{1/2}$ et de i_d dans une liqueur 0.5.M. en citrate

Liqueur	$E_{1/2}$ S.C.E.		i_d (μA)		I	
	anodique	cathodique	anodique	cathodique	anodique	cathodique
HCl M	— 0.24	— 0.59	17.5	17.5	1.50	1.50
HCl O.lM	— 0.41	— 0.72	26	25.7	2.22	2.20
NaOH M	— 0.90	— 1.20	19.4	19.1	1.66	1.63

b. Tampon de Michaelis

Préparé comme il a été vu précédemment le tampon au pH 4.60 ne présente pas les qualités les meilleures pour l'enregistrement des vagues de

l'étain : la vague cathodique est parfaite, mais la vague anodique est mal marquée (voir fig. II.1).

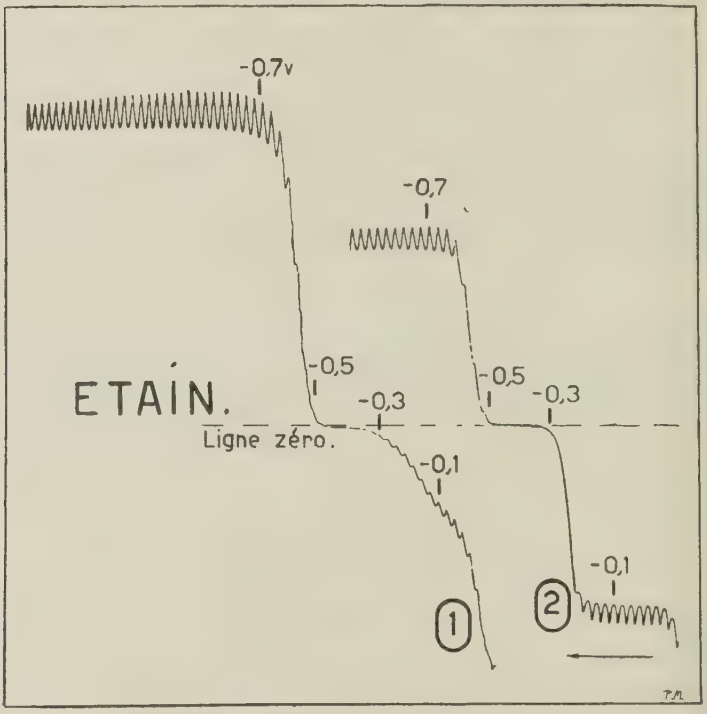


Fig. III

c. Tampon de Michaelis modifié.

Par introduction d'une quantité, même faible, d'acide citrique, l'allure de la vague anodique de Sn^{2+} se modifie et se présente comme celle de la vague cathodique (voir figure III.2).

Les valeurs E ½ S. C. E. deviennent :

$E_{1/2}$ anodique : — 0.26 Volt SCE $E_{1/2}$ cathodique : — 0.52 SCE

2. — *Le problème analytique.*

a. Précautions élémentaires:

La conservation des liqueurs stanneuses est mauvaise à cause de leur facile oxydabilité par l'air : Sn^{4+} ne fournit qu'une onde cathodique de mauvaise qualité. Il y a donc lieu de préparer les solutions standards d'étain

au moment de leur emploi : on dissout un poids connu d'étain pur dans 25 ml d'acide chlorhydrique concentré chaud, qu'on dilue ensuite au moyen d'eau bouillante ; on laisse refroidir sous barbotage d'anhydride carbonique et on complète à un volume connu au moyen d'eau fraîchement bouillie et désoxygénée.

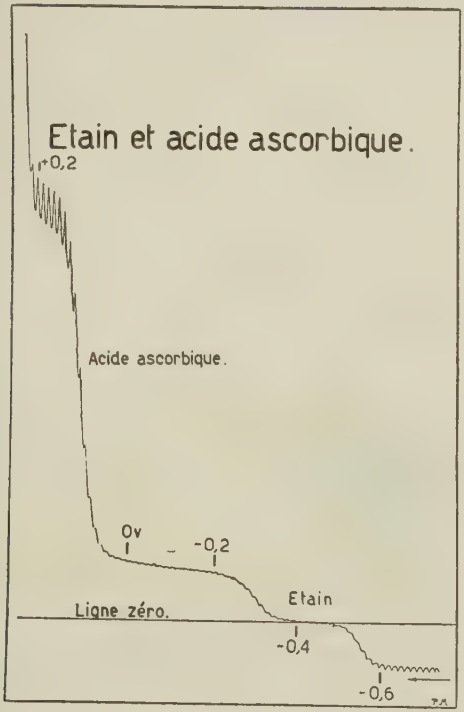


FIG. IV

b. Courbe de calibrage.

Dans un ballon jaugé de 50 ml. on introduit successivement :

10 cc. d'acide acétique N
10 cc. d'acétate sodique N
1 cc. d'acide citrique M
0.5 cc. de solution aqueuse de Triton X — 100 à 0.2 %

On porte à 50 cc. avec de l'eau et on agite.

De cette solution on introduit 15 cc. dans la cellule d'électrolyse du polarographe et y fait passer un courant d'azote pendant une heure. Au moyen d'une burette à piston on introduit alors un volume connu de liqueur titrée stanneuse, on parfait le barbotage d'azote pendant quelques minutes encore et on enregistre le polarogramme.

On peut ainsi effectuer des additions successives de liqueur stanneuse : la courbe analytique est établie en tenant compte des accroissements du volume des solutions à la suite des additions de liqueur stanneuse.

Les polarogrammes sont enregistrés entre + 0.1 et — 0.7 Volt SCE : les résultats obtenus en mesurant la hauteur totale des deux vagues sont repris dans le tableau suivant :

TABLEAU VII

Courbe analytique de l'étain

concentration en Sn	i_d (μA)	I
0.67x10-4M	0.56	5.33
0.99	0.82	5.23
1.34	1.09	5.19
1.73	1.41	5.22
2.08	1.70	5.23
2.42	2.00	5.29
5.84	4.92	5.37

La courbe analytique est représentée par une droite qui passe par l'origine.

C. — APPLICATION AU JUS DE FRUITS.

La plupart des jus de fruits présentés à la consommation contiennent de l'acide ascorbique et par suite de leur conservation au contact d'une paroi recouverte d'étain, ils contiennent ce métal.

Le dosage de ces deux substances par la voie polarographique présente l'énorme avantage de la rapidité.

a. — *Le choix du milieu de base.*

L'acidité des jus, due la plupart du temps à la présence d'acide citrique, permet d'éviter l'addition artificielle de cet acide dans le milieu de base.

Dans un ballon de 500 cc on introduit successivement :

10 ml. d'acide acétique N
10 ml. d'acétate sodique N
0.5 ml. de liqueur de KSCN à 100 mg/litre.
10 cc. de jus à examiner (la boite n'est ouverte qu'au moment du prélèvement).

On porte au volume et on agite.

b — *L'enregistrement du polarogramme.*

Dosage de l'acide ascorbique:

De la solution préparée comme il vient d'être dit, on transvase une partie dans la cellule d'électrolyse et y fait aussitôt barboter un courant d'azote. Après 10 minutes, on met en place l'électrode de mercure et enregistre le polarogramme de l'acide ascorbique entre les potentiels — 0.2 et + 0.2 Volt.

Dans le cas où on désire pratiquer l'addition standard, la connaissance du volume de solution introduite dans la cellule est indispensable.

On constate que l'onde de l'acide ascorbique est perturbée dans le cas des jus de tomate : la vague d'oxydation s'élève brusquement et rend ainsi les mesures difficiles. La cause du phénomène a été attribuée à la présence de glutathion [5].

Par la technique de la courbe de calibrage comparée à celle de l'addition standard et celle de méthode colorimétriques, plus classiques [1], nous avons ainsi obtenu les résultats reportés au tableau VIII.

Rapprochons ces chiffres de ceux qui ont été publiés par GALLOT [9], RANDOIN [23] et TRESSLER, JOSSLYN et MARSH [24], à savoir :

Ananas (pasteurisé)	70 à 160 mgr/litre
Cassis	1000 à 2.500
Citron (frais)	450 à 650
Citron (frais)	450 à 650
(en bouteille)	450 à 650
Framboise (frais)	330 à 500
Mandarine (frais)	200 à 350
Orange (frais)	350 à 620
(pasteurisé	300 à 500
Pamplemousse (frais)	320 à 640
(past.)	300 à 500
Pomme	20 à 50
Raisin (frais)	traces
Tomate (pasteurisé)	100 à 200

Dosage de l'étain.

Immédiatement après avoir enregistré la vague de l'acide ascorbique, dans le sens négatif→positif, on enregistre celles de l'étain. Dans ce but on inverse les connexions pour l'enregistrement dans le sens positif→négatif, on augmente la sensibilité de l'enregistreur et on effectue la mesure entre les potentiels − 0.2 à − 0.7 volt (SCE).

Naturellement, on pourrait obtenir toutes ces mesures en un seul enregistrement de −0.7 à + 0.2 volt SCE (voir fig. IV) mais les teneurs en étain

TABLEAU VIII

Teneur en acide ascorbique de jus de fruits en boîte

Nature des jus	Origine	Teneur en acide ascorbique. mgr/litre			
		méth. polarographique		méth. colorimétrique	
		Directe	Addition interne	Dichlor-phenol indophenol	Fe^{++} et $\alpha\alpha'$-dipi-dyl
Abricots (sirop)	Del Rio	32	—	—	—
Ananas	Armour (USA)	105	—	—	—
	Campearl (USA)	40	—	—	—
	Del Monte (Calif. USA)	86	90	88	92
	Libby's (USA)	49	—	—	—
Citron	Armour (USA)	433	—	—	—
(jus frais)	Spilioti (Athènes-Grèce)	70	75	74.5	80
Orange	Armour (USA)	492	—	—	—
	Dzedaki (La Canée-Crête)	130	132	135	139
	Snively Groves (USA)	472	476	490	481
	Stokely's	310	—	—	—
jus naturel		377	—	—	—
		592	—	—	—
jus sucrés	Astel (Athènes-Grèce)	210	212	188	185
	Manolikaki(La Canée-Crête)	235	240	225	210
Pamplemousse	Bilgores Best	260	—	—	—
	Del Monte (USA)	320	318	325	314
	Snively Groves (Floride)	354	357	368	342
Pêche	Del Rio	34	—	—	—
Tomate	Assoc. Coop. Ag. Grèce	155	168	166	166
	Del Monte (Calif. USA)	166	210	158	166
	Hunts	157			

sont extrêmement variables et les rapports des hauteurs de saut de l'acide ascorbique et de l'étain risquent d'être très disproportionnés.

Les teneurs en étain dosées dans divers jus de fruits, en utilisant la pratique de la courbe de calibrage, vérifiée parfois par la méthode de l'addition standard, nous permettent de donner le tableau IX.

TABLEAU IX

Teneur en étain de divers jus de fruits en boîtes

Nature	Origine	Étain en mg par litre	
		par courbe de calibrage	par l'addition interne
Abricots	Del Rio	8	—
Ananas	Armour	44	—
	Campearl	24	24
Citron	Armour		
Orange	Armour	58	—
	Stokely's	58	58
Pamplemousse	Bilgores best	100	100
Pêche	Del Rio	5.4	—
Tomate	Hunts	18	—
	id	38	—

CONCLUSIONS :

La simplicité et la rapidité de la méthode polarographique de dosage de l'acide ascorbique (Vitamine C), comparée aux méthodes colorimétriques, alliées à la possibilité d'un dosage simultané de l'étain, militent largement en faveur d'un usage répandu de cette méthode dans le contrôle de la qualité des jus de fruits conservés en boîtes.

Les limites inférieures de dosage se situent aux concentrations de l'ordre de 5 mgr. d'acide ascorbique ou d'étain par litre.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

1. *Association of vitamin chemists inc.* Methods of vitamin assay. Interscience Publishers à New- York (1951).
2. BRITTON H. S. F. et ROBISON, S. A. *J. Chem. Soc.* London, CXXXI 133 (1931), p. 458.
3. CATTANEO et SARTORI, *Gazz.* 72, (1942), p. 551-56.
4. CLARKE H. G. N. et SULLIVAN M. X. *J. Assoc. Off. Agric. Chem.* XXXVIII, 38, (1958), p. 14-18.
5. COULSON D. M. et coll. *Anal. Chem.* 22, (1950), p. 525.
6. DEZELIC M. et GRUSIC-VASIC J. *Bull. Soc. Chimistes. Républ. Populaires Bosnie et Herzégovine*, 3, (1954), p. 23-26 d'après *Chem. Abstr.* XLIX, (1958), p. 14865.
7. ERDY L. et BODOR E. *Anal. Chem.* XXIV, (1952), p. 24.
8. ERDY L. et BODOR E. *Magyar Kem. Folyoirat.* LVIII, (1952), p. 295.
9. GACHOT H. *Manuel des jus de fruits.* Heitz à Strasbourg (1955).
10. GALLOT S. *Les vitamines.* Presses Universitaires de France à Paris (1952)

11. GYORGY P. *Vitamin méthods.* Academic Press. Inch. Publishers à New-York (1950-51).
12. HEYROVSKY, *Polarographie.* Springer à Berlin (1941).
13. ILKOVIC, d'après KOLTHOFF : voir n° 17.
14. JORGENSEN, *Le pH et sa mesure.* Dunod à Paris (1938).
15. KALOUSEK M. d'après von STACKELBERG, n° 26.
16. KODICEK E. et WENIG K. *Nature.* CXLII, (1938), p. 35.
17. KOLTHOFF I. M. et LINGANE, *Polarography.* Interscience Publishers à New-York (1952).
18. MEITES. *Polarographic techniques.* Interscience Publishers à New-York (1955).
19. MICHAELIS voir JORGENSEN n° 14.
20. MILNER G. W. *The principles and applications of polarography.* LONGMANS, GREEN AND Co. London, New-York, Toronto (1957).
21. MÜLLER O. H. et PHILLIPS R. A. *Am. J. Physiol.* CXXIX, (1940), p. 426.
22. NANGNIOT P. et MARTENS P. H. *Bull. Institut. Stat. Rech. Gembloux* XXIV, 3, (1956), p. 285-306.
23. ONO S., TAKAKI N. et WASA T, *J. Am. Chem. Soc.* LXXV 75, (1953), p. 4369-70.
24. RANDOIN L. *Le problème de l'alimentation.* Hermann et Cie à Paris (1937).
25. SÖRENSEN voir JORGENSEN, n° 14.
26. von STACKELBERG M. *Polarographische Arbeitsmethoden.* De Gruyter et Co à Berlin (1950).
27. STOKES-EINSTEIN, *Ann. Physik.* XVII (1905), p. 549.
28. THEORELL et STENHAGEN. Référence non retrouvée.
29. TRESSLER D. K. JOSSLYN M. A. et MARSCH G. L. *Fruits and vegetable juices.* Avi Pbulishing Co à New-York (1939).

CHAIRE D'ÉCONOMIE RURALE.

La consommation des graisses alimentaires et le problème du beurre en Belgique (*)

par A. Ledent

Quand, au début de février 1958, le prix du beurre connut une baisse (1) qui l'amena nettement sous le prix de direction prévu (92.50 fr. le kg.), une véritable panique s'empara de nos milieux agricoles.

La rentabilité de la production laitière, très largement dépendante du niveau du prix du beurre, possède, en effet, une incidence considérable sur la situation économique de presque toute notre agriculture.

(1) *Cours du beurre (fr. kg.).*

	Semaine du 13 au 19.1	Semaine du 20 au 26.1	Semaine du 27.1 au 2.2.	Semaine du 3 au 9.2	Semaine du 10 au 16.2
Beurre de laiterie (minques)					
Hasselt (lundi)	91,35	92,10	92,20	79,30	74,50
Bruxelles (mardi)	91,50	91,50	88,95	78,65	76,00
Anvers (mardi).	90,85	90,03	89,00	80,65	70,80
Beurre de ferme (marchés).					
Aubel	87-93	87-92	87-93	85-90	73-79
Kruishoutem	80-84	75-80	74-78	77-81	68-71
Dixmude	81-85	78-82	76-79	82-84	70-72

Sur deux des principaux marchés du pays (Kruishoutem et Dixmude), la baisse du prix du beurre de ferme a précédé celle du prix du beurre de laiterie. Dans les trois minques, où ont lieu les relevés officiels, le prix du beurre a été soutenu, en janvier, par l'intervention de l'office commercial du ravitaillement (achat, pour son compte, par des grossistes, de 300 tonnes de beurre durant ce mois) ; dès que cet accroissement artificiel de la demande a cessé, la baisse s'est manifestée.

(*) Déposé à la rédaction le 14 mai 1958.

La rentabilité de la production laitière dépend surtout du niveau du prix du beurre.

Au cours de la période 1953-1956, la production moyenne annuelle de lait a atteint, en Belgique, 3.531.555.000 litres, dont 2.326.608.000 (65.9 %) ont été employés à la fabrication du beurre, 766.287.000 (21,7 %) ont été dirigés vers la consommation humaine, et 53.635.000 (1.5 %) ont servi à fabriquer des fromages gras ou demi-gras. Le solde de la production (385.025 000 1. : 10.9 %) a été consommé par les animaux (308.557.000 1, soit 8.7 %), transformé en lait concentré entier et en poudre de lait entier, ou utilisé en vue de l'extraction de crème de consommation.

Le lait est donc, de loin, le plus utilisé pour la fabrication du beurre et son prix dépend de celui de ce produit fini, qui, lui-même, est un prix de direction fixé par les ministères de l'agriculture et des affaires économiques.

La production laitière occupe une place essentielle dans l'économie agricole nationale ; sa situation économique intéresse la majorité de nos cultivateurs.

De 1953 à 1956, la valeur moyenne annuelle de la production laitière s'est élevée à 10.980.000.000 frs., ce qui correspond à 28.3 % de notre revenu brut agricole final (38.856.500.000 frs.).

Depuis 1953, la valeur de la production beurrière a, chaque année, dépassé 7 milliards.

Aucune de nos productions agricoles ne détermine autant de richesses que la spéculation laitière, qui se trouve si bien adaptée au caractère familial du plus grand nombre de nos fermes.

Lors du recensement général de l'agriculture de 1950, le dernier en date, on a dénombré, en Belgique, 913.353 vaches laitières, réparties parmi 223.240 exploitations, ce qui signifie que 88.8 % de nos agriculteurs professionnels et de nos producteurs occasionnels mettant en valeur au moins un ha de terre, au nombre de 251.502, se livraient à la production laitière.

Le revenu correspondant à cette dernière se trouve ainsi pulvérisé entre un grand nombre de bénéficiaires.

En outre, ceux qui s'adonnent essentiellement à la production végétale ne se désintéressent pas de la rentabilité des productions animales en général, et particulièrement de la production laitière. Se conformant à des règles biologiques et économiques, ils doivent faire entrer dans leur assolement certaines plantes fourragères que, suivant les conditions, ils mettent sur le marché ou tentent de valoriser en les faisant transformer par des animaux.

Il n'est pas invraisemblable, à première vue, qu'au cours des derniers mois, la faiblesse des cours des céréales secondaires, à l'importation desquelles une taxe de licence n'est appliquée que depuis peu, les ait poussés vers cette dernière solution.

***

Les causes de la chute du prix du beurre.

Des causes de tendance et d'autres, récentes, ont déterminé la chute du prix du beurre.

Parmi les *premières,* on peut citer :

1. — Augmentation de la production.

Le Ministère de l'Agriculture estime que le volume de notre production beurrière a varié comme suit :

1950 : 72.500 tonnes	1954 : 91.006 tonnes
1951 : 72.350 tonnes	1955 : 90.761 tonnes
1952 : 74.000 tonnes	1956 : 89.194 tonnes
1953 : 87.498 tonnes	1957 : 89.312 tonnes

La tendance est certainement à l'accroissement de la quantité fabriquée, accroissement ayant surpassé celui de la production laitière indiquée ci-dessous, ou allant de pair avec elle :

1950 : 3.135.000.000 litres	1954 : 3.544.318.000 litres
1951 : 3.182.500.000 litres	1955 : 3.595.805.000 litres
1952 : 3.243.000.000 litres	1956 : 3.554.881.000 litres
1953 : 3.431.217.000 litres	1957 : 3.613.154.000 litres

En effet, la proportion de la production laitière indigène transformée en beurre, qui, en 1950 et en 1951, était respectivement de 55.9 et 52.2 % s'est sensiblement élevée dans la suite jusqu'à un niveau relativement peu variable (1953 : 66.96 % ; 1954 : 66.73 % ; 1955 : 65.38 % ; 1956 : 64.50 % ; 1957 : 64,03 %).

L'accroissement de la production laitière résulte de l'amélioration du rendement de nos vaches laitières, provoquée par une sélection plus poussée des animaux, une alimentation plus rationnelle, une lutte mieux organisée contre certaines maladies. Fait important du point de vue de la production beurrière, la teneur du lait en matière grasse a aussi augmenté :

	1950	1953	1954	1955	1956	1957
Rendements individuels. moyens (litres).	3.300	3.600	3.650	3.650	3.650	
Teneur du lait en graisse butyrique (%)	3,30	3,32	3,34	3,36	3,38	3,35

Les variations de notre effectif de vaches laitières ont, de plus, joué un certain rôle. D'une année à l'autre, leur intensité a été pourtant limitée ; les données chiffrées ci-après le montrent :

1er janvier 1953 : 941.157 têtes.
1er janvier 1954 : 964.955 têtes.
1er janvier 1955 : 984.778 têtes.
1er janvier 1956 : 974.991 têtes.
1er janvier 1957 : 971.528 têtes.

On a enregistré, entre 1955 et 1957, une régression de l'importance numérique de notre effectif laitier, dont le motif principal semble résider dans l'obligation de lutte contre la tuberculose bovine imposée aux détenteurs de bovidés de certaines régions du pays par les arrêtés royaux des 20 juin 1955 et 4 décembre 1956, et, par ailleurs, généralisée à l'ensemble du pays à partir du 15 février 1958.

Durant 1957, un développement sensible du cheptel laitier est intervenu ; au 1er janvier 1958, celui-ci comportait 993.964 têtes.

2. — Diminution de la consommation du beurre (*infra*)

Après la dernière guerre mondiale, notre consommation totale de beurre a été la plus forte en 1953 (100.877 tonnes) ; depuis lors, elle a diminué (96.062 tonnes, en 1956 ; 91.800 tonnes, en 1957).

Le fléchissement de la consommation du beurre n'est pas spécifique à notre pays ; on estime, parfois, qu'il répond à une tendance déjà apparue là où le standard de vie de la population est, dans son ensemble, supérieur à celui de notre peuple : tel est le cas des Suédois, dont la consommation individuelle de beurre a atteint 11 kg., en 1954 (même quantité qu'avant la guerre), pour décroître ensuite de 6 %, en 1955, et de 12 % encore, en 1956, tandis que la consommation de la margarine haussait et dépassait, en 1956 (15 kg. par habitant), de 65 % le niveau atteint avant 1940.

Tel est également le cas enregistré aux États-Unis d'Amérique, où, en dépit d'un accroissement notable de la population, la consommation intérieure est tombée de 19.964.000 tonnes, en 1934-1938 (moyenne annuelle), à 13.925.000 tonnes, en 1956.

3. — Faiblesse du marché mondial du beurre. Introduction frauduleuse de beurre hollandais.

Pendant les derniers mois, les cours du beurre enregistrés sur la principale bourse importatrice du monde, Londres (le Royaume-Uni ne produit que 4 % de sa consommation), apparaissent très faibles. Fin novembre 1957, le beurre néo-zélandais y était présenté à 35.85 fr. b. le kg., le beurre aus-

tralien à 35,70 fr. b. et le beurre danois à 43,85 fr. b. Dans la suite, ces cours se sont encore détériorés. Fin mars 1958, les prix du kg. de beurre enregistrés, sur le marché de Londres, étaient les suivants : beurre provenant de Nouvelle-Zélande : 31,67 fr. b. ; d'Australie : 31,53 fr. b. ; du Danemark, 34,70 fr. b. ; de Finlande : 31,12 fr. b. ; des Pays-Bas : 34,29 fr. b. et de Pologne : 30,02 fr. b. Quant au prix du beurre frais sur les marchés intérieurs, ils atteignaient les niveaux suivants : fin décembre 1957 : au Danemark, 46,90 fr. b. ; en Suède : 70,60 fr. b. ; aux Pays-Bas : 63.20 fr. b. ; au Grand-Duché de Luxembourg : 84 fr. b.

Observons que, par suite de la politique laitière pratiquée par notre gouvernement, le prix du beurre sur notre marché intérieur n'est pas influencé par de tels cours. Tout au plus, celui enregistré sur le marché hollandais (et luxembourgeois, dans une moindre mesure) agirait-il éventuellement sur le prix de beurre indigène. En effet, suivant l'écart entre les prix sur les marchés des deux principaux partenaires de Bénélux, la fraude du beurre hollandais, qui est permanente, pourrait se faire avec plus ou moins d'intensité et exercer une influence variable sur la quantité de beurre disponible pour notre consommation ; aux moments où les approvisionnements, par voies normales, couvrent déjà la demande intérieure, des introductions clandestines de beurre agissent sensiblement dans le sens de la baisse sur le prix de cet aliment.

Causes récentes ayant déterminé la chute du prix du beurre.

1. — *Augmentation du nombre de vaches laitières au cours de* 1957.

D'après les déclarations enregistrées à l'occasion des recensements agricoles effectués les 1/1/1957 et 1958, notre troupeau se serait accru d'un peu plus de 22.000 vaches laitières au cours de l'année écoulée. Éventuellement, cet effectif supplémentaire peut déterminer une augmentation de la production beurrière annuelle voisine de 3.000 tonnes.

2. — *Clémence de l'hiver écoulé.*

La douceur de la température a déterminé le maintien d'une production laitière inaccoutumée au cours du dernier hiver (1957-1958).

Par référence aux époques correspondantes de 1956-1957, les fournitures aux laiteries de lait et de crèmes, converties en lait à 3 % de matière grasse, ont sensiblement augmenté, à la fin de 1957 et au début de 1958.

En octobre 1957, elles dépassaient de 9 % celles effectuées un an auparavant (en novembre : de 15.43 % ; en décembre : de 19 % ; en janvier 1958 : de 19 % ; en février : de 23 %).

Sans doute, peut-on tabler sur une progression parallèle de la production à la ferme.

3. — *Pression exercée par le stock de beurre mis en frigorifère.*

On enregistre normalement en Belgique, une surproduction de beurre durant la période estivale ; au cours de celle-ci, il faut retirer du marché ce surplus afin d'assurer le mieux possible le respect du prix de direction prévu.

Le 31 décembre 1957, les stocks de beurre étaient de 7.298 tonnes (y compris 300 tonnes appartenant au Grand-Duché de Luxembourg) contre 3.977 tonnes le 31 décembre 1956. Le 15 février 1958, il était encore de 5.064 tonnes.

L'évolution de la production et de la consommation a évidemment agi sur le stock de beurre. De plus, il est certain que les importations réalisées vers le milieu de l'année écoulée (juin : 582 tonnes ; juillet : 1.030 tonnes ; août : 351 tonnes), c'est-à-dire en période de surproduction, ont pesé, dans la suite, sur le marché. Notons que ces importations trouvaient leur justification dans le fait que le prix de direction du beurre était dépassé au moment où on les autorisa (1).

4. — *L'augmentation notable du prix de détail du beurre survenue en septembre 1957 a influencé la consommation.*

Pour tenir compte de l'influence, exercée, sur le prix de revient du lait, par la taxe de licence perçue, après la mi-août 1957, à l'importation des céréales fourragères, le prix de base du lait payé à la production a été porté dès le 1^er septembre, de 3,35 fr. à. 3,50 fr. le litre (3 % de graisse butyrique). Il est possible que la hausse résultante du prix de détail du beurre (voir ci-après) incita les ménagères à utiliser plus qu'auparavant la margarine dont le prix demeurait invariable.

Prix de détail du beurre : 1957 (*Frs par kg.*).

	Juil.	*Août.*	*Sept.*	*Oct.*	*Nov.*	*Déc.*
Beurre de laiterie	90,75	91,31	95,94	97,02	96,74	98,59
Beurre de ferme	85,16	86,17	89,72	91,35	92,29	94,57

(1) Les grossistes jouèrent un rôle dans la hausse du prix intérieur du beurre. Spéculant sur un relèvement prochain du prix de direction de ce produit, ils en achetèrent des quantités plus élevées qu'à l'ordinaire et créèrent ainsi une offre artificielle. En juin, juillet et août 1957, les mises en stock atteignirent respectivement 2.339, 2.540, et 1.182 tonnes contre 1.560, 1.307, et 1.377 tonnes en 1956. Pour ramener le prix du beurre au niveau prévu, on abaissa, à la date du 1^er juillet, son prix minimum d'importation de 83 à 81 frs. le kg. (et même à 77 frs. pour le beurre présenté en petits paquets).

***

La Consommation du beurre et des autres graisses alimentaires en Belgique.

En Belgique, la consommation des graisses alimentaires (1) a évolué comme l'indiquent les tableaux suivants :

1. — Consommation globale.

Années	Beurre		Margarine		Saindoux		Autres graisses		Total	
	Tonnes	%	Tonnes	%	Tonnes	%	Tonnes	%	Tonnes	%
1948	97.179	53,9	66.378	36,9	11.227	6,2	5.361	3,0	180.145	100
1949	95.867	54.7	63.177	36,0	9.570	5,5	6.715	3,8	175.329	100
1950	92.747	53,9	64.289	37,4	6,435	3,7	8.500	5,0	171.971	100
1951	91.600	52,4	67.947	38,9	6.400	3,7	8,675	5,0	174.622	100
1952	100.358	52,9	72.258	38,1	7.750	4,1	9.390	4,9	189.756	100
1953	100.877	52,8	73.312	38,4	8.200	4,3	8.500	4,5	190.889	100
1954	98.670	50,0	82.454	41,7	7.700	3,9	8.700	4,4	197.524	100
1955	98.585	48,7	86.163	42,5	7.800	3,9	10.000	4,9	202.548	100
1956	96.062	47,1	90.052	44,1	8.400	4,1	9.500	4,7	204.014	100
1957	91.800	45,2	93.227	46.4	6.000	3,0	9.800	4,9	200.827	100

Depuis 1950, la consommation globale des graisses alimentaires est en augmentation constante et plus que proportionnelle à celle de la population du pays. En 1957, on enregistre, cependant, une diminution de cette consommation.

Par autres graisses, on entend principalement le suif. Vincent souligne qu'il est difficile d'évaluer avec assez d'exactitude la part des graisses d'animaux abattus utilisées en vue de l'alimentation humaine, à cause de l'insuffisance de nos statistiques douanières quant à la destination des graisses de ce type importées.

De 1948 à 1953, ainsi qu'avant la dernière guerre mondiale, la part du beurre dans l'ensemble des graisses consommées a été supérieure à 50 % ; en 1954, cette part a, à peine, atteint ce niveau et, dans la suite, elle lui reste inférieure. En 1957, elle à même été inférieure à celle de la margarine.

(1) Source : *Revue de l'Agriculture*, Ministère de l'Agriculture, Bruxelles. Études annuelles de Vincent, *La consommation des graisses alimentaires en Belgique.*

II. — Consommation moyenne individuelle. (kg. et indices : 1953 = 100).

Années	Beurre		Margarine		Saindoux		Autres graisses		Total	
	Kg.	Ind.	Kg.	Ind.	Kg.	Ind.	Kg.	Ind.	Kg.	Ind.
1948	11,356	98,8	7,757	92,9	1,312	140,5	0,626	64,7	21,051	96,8
1949	11,129	96,8	7,334	87,8	1,111	119,0	0,780	80,6	20,354	94,8
1950	10,728	93,4	7,436	89,0	0,744	79,7	0,983	101,5	19,891	92,6
1951	10,529	91,6	7,811	93,5	0,736	78,8	0,997	103,0	20,073	93,5
1952	11,476	99,9	8,262	98,9	0,886	94,9	1,074	111,0	21,698	99,8
1953	11,492	100,0	8,352	100,0	0,934	100,0	0,968	100,0	21,746	100,0
1954	11,188	97,4	9,349	111,9	0,873	93,5	0,986	101,9	22,396	103,0
1955	11,116	96,7	9,716	116,3	0,880	94,2	1,128	116,5	22,840	105,0
1956	10,765	93,7	10,091	120,8	0,941	100,7	1,065	110,0	22,862	105,1
1957	10,224	890,	10,383	124,3	0.668	71,5	1,091	112,7	22,366	102,9

La consommation individuelle de beurre a été la plus forte en 1953 ; dans la suite, elle a régressé. Celle de margarine ne cesse d'augmenter depuis 1949.

***

La concurrence Margarine-Beurre.

La consommation moyenne, par habitant, de beurre et de margarine a évolué comme il est mentionné ci-après :

Années	Beurre et margarine : kg. (1)	Beurre : % de (1)	Margarine : % de (1)	Beurre et margarine : % des graisses alim.
1948	19,113	59,42	40,58	90,79
1949	18,463	60,28	39,72	90,71
1950	18,164	59,06	40,94	91,32
1951	18,340	57,41	42,59	91,37
1952	19,738	58,14	41,86	90,97
1953	19,844	57,91	42,09	91,25
1954	20,537	54,48	45,52	91,70
1955	20,832	53,36	46,64	91,21
1956	20,856	51,62	48,38	91,23
1957	20,607	49,61	50,39	93,14

Au cours de la période 1948-1956, le beurre et la margarine ont couvert nos besoins en graisses alimentaires à concurrence de 91.27 %. La consommation intérieure de la margarine s'est rapprochée graduellement de celle du beurre, qu'elle a même supplantée en 1957.

Le succès de la margarine trouve ses *causes* dans différents faits :

a) Aspect, notamment, coloration comparable à celle du beurre.

b) Amélioration de la qualité. En 1953, est apparu, sur le marché, un nouveau type de margarine caractérisé par le choix des huiles servant à sa fabrication, notamment par l'emploi plus abondant d'arachide, et surtout par l'introduction d'un arôme synthétique donnant un goût assez comparable à celui du beurre.

c) Publicité intense faite en faveur de la margarine.

d) Modification possible des habitudes alimentaires et prise de position de certains médecins qui affirment, à tort ou à raison, que le cholestérol contenu dans le beurre favorise l'artériosclérose et qui imposent à certains malades des régimes alimentaires d'où cette graisse se trouve bannie.

e) Production libre de la margarine. En 1937, pour améliorer la situation économique des producteurs de beurre, le gouvernement avait contingenté la fabrication margarinière.

f) Prix du beurre et de la margarine.

— *Évolution du rapport des prix du beurre et de la margarine.*

Par référence à 1936-1938, les indices des prix de détail du beurre de laiterie, du beurre de ferme et de la margarine (1) ont été les suivants :

Années	Beurre de laiterie	Beurre de ferme	Margarine
1936-1938	100	100	100
1950	359	371	266
1951	378	390	316
1952	393	406	281
1953	393	407	261
1954	381	393	264
1955	385	399	256
1956	385	395	264
1957	393	412	264

En 1936-1938, on a consommé, en moyenne, par année, 73.312 tonnes de beurre et 55.802 tonnes de margarine (soit 129.114 tonnes des deux produits, dont 56,78 % du premier, et 43,22 % du second). Le rapport prix de la margarine/prix du beurre était de 1/2,6.

Observons qu'entre les deux guerres mondiales, c'est en 1932 que la consommation du beurre (85.340 tonnes) a le plus nettement prédominé celle de la margarine (27.208 tonnes) ; à ce moment, les prix étaient respectivement de 19,95 et 11,34 fr. le kg., c'est dire que leur écart était faible.

(1) La margarine intervenant dans le calcul de l'index des prix de détail coûte actuellement 25 fr. le kg. ; la margarine de qualité supérieure coûte 38 fr. le kg.

Après la dernière guerre, la hausse du prix du beurre a été beaucoup plus nette que celle du prix de la margarine. En 1956 et 1957, on a enregistré les rapports respectifs suivants :

Prix de la margarine ordinaire / Prix du beurre de laiterie = 1/3,75, et 1/3,92.

Prix de la margarine ordinaire / Prix du beurre de ferme = 1/3,53 et 1/3,73.

Influence des variations saisonnières des prix de détail du beurre.

En recourant à la méthode des chaînes de rapports de W. Persons, on a calculé, en ce qui concerne la période 1953-1956, les coefficients de variations mensuelles des prix de détail du beurre de laiterie et de ferme auxquels on a juxtaposé, dans le tableau suivant, ceux relatif à la vente de margarine.

Coefficients de variations mensuelles des prix de détail du beurre et de la vente de margarine (Période 1953-1956).

Mois	Prix de détail du beurre		Vente de margarine
	Beurre de laiterie	Beurre de ferme	
Janvier-	106,0	107,4	93,7
Février	106,2	107,3	93,1
Mars	102,9	103,7	103,5
Avril	101,0	100,9	102,2
Mai	94,6	94,3	92,2
Juin-	94,3	92,6	91,8
Juillet	94,5	92,5	94,3
Août	95,1	94,5	99,1
Septembre	97,8	98,0	102,9
Octobre	100,0	100,5	105,3
Novembre	102,7	102,9	105,5
Décembre	104,9	105,9	116,4
Moyenne annuelle	100,0	100,0	100,0

Les variations du prix du beurre de laiterie et de ferme sont parallèles bien que les secondes aient plus d'amplitude que les premières (influence régulatrice du stockage saisonnier et de la libération des stocks de beurre de laiterie).

Au cours du second semestre, prix du beurre et vente de la margarine, laquelle est la plus forte en décembre (influence des fêtes), augmentent. De mars, à juin ils diminuent ; mais en janvier et février, mois où le prix du beurre est le plus élevé, la vente de la margarine est relativement faible.

Pour l'ensemble de l'année, la liaison entre les deux phénomènes est peu accentuée (coefficient de corrélation inférieur à + 0.4).

Notons qu'il peut exister un décalage, d'un mois à l'autre, entre la vente et la consommation et qu'une correction s'impose à la suite de la longueur variable des différents mois.

Élasticité de la demande intérieure du beurre et de la margarine.

On sait qu'en période courte, la demande d'un produit varie en sens inverse de son prix. Pourtant, le prix de ce produit n'est pas le seul facteur agissant sur l'intensité de sa demande. Celle-ci dépend aussi des possibilités de substitution qui se présentent et du prix des succédanés éventuels. La demande est de plus liée au pouvoir d'achat, donc au revenu de celui qui la formule et, dans la hiérarchie des besoins, l'utilité marginale est le critère déterminant.

Réaction du prix sur la demande.

L'élasticité de la demande par rapport au prix mesure la sensibilité de la réaction des utilisateurs à la baisse ou à la hausse du prix de la commodité offerte.

Alfred Marshall a donné comme formule du coefficient de cette élasticité :

$$\lambda = - \frac{\frac{dq}{q}}{\frac{dp}{p}}$$

dans laquelle, λ = coefficient d'élasticité ;
q = demande correspondant à un prix p ;
dq = variation de la demande correspondant à une variation dp du prix p.

Grosso modo, $\lambda = -$ $\frac{\text{pourcentage de variation de la quantité achetée.}}{\text{pourcentage de variation du prix.}}$

Pour mesurer l'élasticité entre deux points voisins P^o (p^o, q^o) et P^1 (p^1, q^1) de la courbe de la demande d'un produit en fonction de ses variations de prix, on peut adopter la formule approchée ci-après :

$$\lambda = - \left\{ \frac{\frac{q_1 - q_0}{2}}{\frac{q_1 + q_0}{2}} : \frac{\frac{p_1 - p_0}{2}}{\frac{p_1 + p_0}{2}} \right\} = - \left\{ \frac{q_1 - q_0}{q_1 + q_0} \times \frac{p_1 + p_0}{p_1 - p_0} \right\}$$

Si λ est supérieur à 1, le marché est dit élastique ; une variation donnée du prix détermine une variation proportionnellement plus forte de la demande.

Si $\lambda = 1$, la demande est rigide ; enfin, il existe des marchés inélastiques (λ inférieur à 1) (1).

De 1953 à 1956, on a enregistré les coefficients suivants relatifs à la consommation du beurre et de la margarine en fonction de leur prix :

	Beurre	*Margarine*
1953-1954	$\lambda = -0.88$	$\lambda = -0.98$
1953-1954	-0.63	$+1.25$
1955-1956	-0.63	-1.23

En ce qui concerne le *beurre* :

1954 par rapport à 1953 : la baisse, signalée précédemment, va de pair avec une diminution du niveau moyen des prix enregistrés au cours des deux années ;

1954-1955 : la baisse peu prononcée de la consommation du beurre (inférieure à 1 %) se superpose à une hausse légère de son prix (un peu supérieure à 1 %) ;

1955-1956 : la consommation diminue en dépit de la baisse légère du prix.

En ce qui concerne la margarine, quelles que soient les variations du prix, la consommation s'accroît chaque année.

Durant la période examinée, il apparaît que les changements de prix enregistrés n'ont pas eu d'influence caractéristique sur la quantité consommée de beurre et de margarine.

Si le niveau du prix du beurre n'avait été assez élevé au cours des dernières années, par référence à l'avant-guerre et par rapport à la margarine, on devrait conclure qu'à l'instar de ce qui est survenu dans d'autres pays (États-Unis d'Amérique, Suède, Canada, etc.), la consommation individuelle a dépassé en Belgique le palier à partir duquel elle a tendance à retomber.

Évolution du standard de vie de la population.

L'Institut de Recherches économiques et sociales de l'Université de Louvain (2) détermine, par référence à 1953, des indices des salaires sociaux, notamment dans l'ensemble de l'industrie et des transports à l'exclusion des mines, et des indices du coût de la vie.

(1) Milhau : Traité d'économie rurale. Presses universitaires de France, Paris.

(2) Bulletin de l'Institut de Recherches économiques et sociales de l'Université de Louvain, Louvain.

Les voici pour les années récentes :

Années.	Indices des salaires sociaux. (mariés et 2 enfants).	Indices du coût de la vie.
1950	86	90,2
1951	95	98,4
1952	100	100,3
1953	100	100,0
1954	103	101,7
1955	105	101,9
1956	110	104,7
1957		107,2

Les rapports des premiers de ces indices aux seconds, rapports que l'on a ici multipliés par 100, donnent une indication concernant l'évolution du standard de vie de la population. Ils ont varié comme suit :

1950 : 95,3
1951 : 96,5
1952 : 99,7
1953 : 100,0
1954 : 101,3
1955 : 103,-
1956 : 105,1

De 1950 à 1955, l'accroissement de la consommation des graisses alimentaires a été généralement plus que proportionnel à celui du standard de vie exprimé par les rapports précités. En 1956, cette tendance s'est nettement renversée.

Les coefficients d'élasticité de la demande par rapport au standard de vie défini par la relation :

$$\mu = \frac{\frac{dq}{q}}{\frac{dR}{R}}$$, dans laquelle :

μ = coefficient d'élasticité ;
q = demande correspondant à un standard de vie R ;
dq = variation de la demande correspondant à une variation dR de R.
ont fluctué comme suit :

1950 - 1951 : 0,77
1951 - 1952 : 2,00
1952 - 1953 : 0,67
1953 - 1954 : 2,29
1954 - 1955 : 1,16
1955 - 1956 : 0,05

Il existe évidemment une limite physiologique à la consommation des graisses alimentaires.

Pendant le même temps (1950-1955), en dépit de l'amélioration dus tandard de vie de la population, la consommation du beurre a diminué.

Le problème du beurre dans le cadre de notre économie laitière.

En Belgique, l'économie laitière est, comme on l'a souligné, axée en ordre principal sur la production beurrière. Ce fait n'avait pas présenté trop d'inconvénients, tant que notre production beurrière annuelle restait en deçà de notre consommation correspondante.

Toute surproduction poserait, cependant, un problème d'écoulement d'autant plus grave que le marché mondial du beurre se trouve encombré et que la conquête de débouchés extérieurs pour des produits de cette espèce est particulièrement difficile (goût de la clientèle). Toute exportation éventuelle ne pourrait être effectuée qu'à des prix sacrifiés, bien inférieurs à nos coûts de production.

DÉRIVÉS DU LAIT.
PRODUCTION INDIGÈNE ET COUVERTURE DE NOS BESOINS.

Production indigène (tonnes) (1).

Années	Beurre	Lait concentré entier	Poudre de lait entier	Fromages gras	Lait condensé écrémé	Poudre de lait écreme ou battu	Fromages maigré et demi-gr. (2)
1953	87.498	7.907	106	8.044	601	15.898	4.365
1954	91.006	8.337	124	8.079	622	15.686	4.840
1955	90.761	13.660	510	8.591	565	15.540	5.126
1956	89.194	17.983	827	9.219	576	18.274	5.179
1957	89.312	22.917	881	9.906	554	24.580	5.467

(1) En ce qui concerne le beurre, toute la production (à la ferme et en laiterie) est envisagée. En ce qui concerne les autres dérivés du lait, les données mentionnées ont été empruntées à la statistique de l'industrie laitière.

(2) Fromage demi-gras : la quantité fabriquée annuellement est inférieure à 300 tonnes.

Commerce extérieur de l'U. E. B. L. (tonnes).

Années	Beurre	Laits concentrés	Poudres de lait (1)	Fromages			
				blancs	à pâte molle	à pâte dure ou demi-dure	total
	IMPORTATIONS.						
1953	13.015	20.302	8.841	69	1.371	30.959	32.399
1954	7.849	10.262	8.982	54	1.399	32.692	34.145
1955	9.388	8.808	7.739	104	1.318	32.359	33.781
1956	5.819	7.454	9.959	40	1.421	33.830	35.291
1957	6.066	5.215	11.647	53	1.702	34.099	35.854
	EXPORTATIONS.						
1953	—	199	8.940	—	123	239	362
1954	4	282	9.614	11	118	172	301
1955	2	124	7.226	16	100	235	351
1956	15	138	10.123	18	93	559	670
1957	1	117	9.693	20	99	355	474
	BILAN DU COMMERCE EXTÉRIEUR (2).						
1953	13.015	-20.103	+ 99	-69	-1.248	30.720	-32.037
1954	-7.845	-9.980	+ 632	-43	-1.281	-32.520	-33.844
1955	-9.386	-8.784	— 513	-88	-1.218	-32.124	-33.430
1956	-5.804	-7.316	+ 164	-22	-1.328	-33.271	-34.621
1957	-6.065	-5.098	— 1.954	-33	-1.603	-33.744	-35.380

Beurre : Les importations atteignaient encore 35.805 tonnes, en 1948, 20.708 tonnes en 1950 et 26.779 tonnes, en 1952. Actuellement, la production nationale couvre, au niveau enregistré de la consommation, les besoins intérieurs.

Lait concentré entier : Notre production augmente. Parallèlement, notre dépendance vis-à-vis de l'étranger diminue. Un contingent d'importation fixé en tenant compte de la consommation de la population de l'Union économique belgo-luxembourgeoise (20 à 21.000 tonnes, par an) et de nos possibilités de fabrication, est accordé aux Pays-Bas.

Poudres de lait : Notre fabrication de poudre de lait entier augmente insensiblement et nos importations restent importantes. Nous produisons de plus en plus de poudre de lait écrémé, bien que nous nous heurtions à la concurrence étrangère sur les marchés importateurs.

Fromages : Notre consommation intérieure s'accroît et notre approvisionnement demeure largement tributaire de l'étranger.

(1) La statistique du Commerce extérieur ne fait pas la distinction entre la poudre de lait entier et celle de lait écrémé. Notons que notre pays est surtout importateur de poudre de lait entier et exportateur de poudre de lait écrémé.

(2) — : Excédents des importations sur les exportations.
+ : Excédents des exportations sur les importations.

La politique laitière actuelle.

Dans le cadre de l'Union douanière Benelux, la Belgique a dû prendre des mesures de sauvegarde de son secteur laitier à l'encontre de la Hollande, gros exportateur de produits laitiers, qu'elle livre à des prix inférieurs aux nôtres (1).

Le lait, le lait condensé sans sucre, la crème, le beurre et le yoghourt sont admis au trafic réciproque entre les trois États membres de l'Union moyennant application de prix minima d'importation, régime impliquant un droit de préférence pour les partenaires en ce qui concerne les fournitures éventuelles (2).

Nos échanges de fromage, de lait en poudre et de lait entier concentré sucré sont libérés dans le cadre de l'Organisation européenne de Coopération économique et la concurrence hollandaise est, ici, complète.

C'est la raison qui a déterminé notre gouvernement à subsidier la fabrication de la plupart de ces produits moyennant respect, par l'industrie, des prix fixés pour le lait entier et le lait écrémé.

Conclusions.

La crise qui se manifeste sur notre marché du beurre résulte de la diminution de la consommation intérieure de celui-ci et de l'augmentation de sa production, elle-même liée à pareille tendance de la production laitière.

Le problème de consommation, qui se pose, résulte de la concurrence exercée par la margarine, qui, durant les dernières années, est apparue de plus en plus comme un produit de substitution du beurre, malgré l'amélioration du standard de vie de la population.

La régression de l'utilisation du beurre semble avoir trouvé sa cause principale dans le fait que l'écart entre les prix de ce dernier et de la margarine s'est élargi au moment où la qualité du succédané a connu une amélioration et, ou, en conséquence, l'imperfection de la satisfaction qu'il fournissait aux consommateurs se réduisait.

D'autre part, l'échelle des prix à la production du beurre a, jusqu'ici, été fixée en tenant compte des variations saisonnières de l'offre qui en était faite, offre liée, si ce n'était l'artifice du stockage, à des facteurs biologiques. Les variations de ces prix se sont nécessairement, bien qu'avec

(1) Sauf, à certains moments, la poudre de lait écrémé dont le fabrication est subsidiée en Belgique.

(2) Le régime des prix minima est appelé à disparaître. A la fin (prévue pour 1962) de la période transitoire actuelle, les trois partenaires de Benelux pratiqueront une poli tique agricole commune.

une certaine atténuation, répercutées sur ceux enregistrés au stade du commerce de détail.

Parallèlement, aucune variation saisonnière n'altère ni la production, ni la prix de la margarine, ce qui détermine un désavantage supplémentaire pour le beurre.

Il semble qu'il s'impose de se pencher sur les prix des deux produits. A ce propos, les milieux agricoles ont préconisé de frapper la margarine d'un droit d'accise ou d'une taxe de consommation. On connaît l'impopularité de pareille mesure auprès des consommateurs et la difficulté d'en faire accepter l'exécution par les dirigeants à cause de leur incidence sur l'index des prix de détail, auquel est rattachée la rémunération des travailleurs.

C'est pourquoi, il apparaît que c'est davantage le prix du beurre et ses variations qu'il faut examiner. Il convient d'étudier ce prix, de le déterminer et de le fixer de manière à ne pas décourager la demande, tout en tenant compte des coûts de production, que les cultivateurs et les industriels ont comme mission de réduire dans la mesure du possible, tant pour sauvegarder leurs propres intérêts que ceux de la communauté.

Peut-être faut-il repenser le problème de la production saisonnière du lait? Jusqu'ici, on a préconisé la production hivernale la plus abondante possible. Nul doute que celle-ci procure le rendement brut le plus élevé, mais aussi qu'elle soit la plus onéreuse. Il est nécessaire de peser, de nouveau, les divers éléments qui, en l'occurrence, déterminent une ligne de conduite (finalité de la production, prix de revient et de vente du beurre au cours de chacune des périodes de l'année, engraissement et élevage économiques des veaux), sans perdre de vue que, grâce aux progrès technologiques, il est possible aujourd'hui de garder les beurres de qualité.

Par des compagnes éducatives et publicitaires en faveur du beurre, on tentera de neutraliser les effets de la propagande menée au profit de la margarine. Enfin, il devient urgent de contrôler les secteurs de la fabrication industrielle et de la distribution du beurre (prohibition des stockages spéculatifs, alignement rapide et complet des prix à la production et de détail).

L'augmentation de la production du beurre provoquée par celle de l'effectif des vaches et de leur rendement individuel pourrait notamment être atténuée par l'élimination d'un certain nombre d'animaux. Il ne faut pas trop compter sur un assainissement du marché réalisé de cette façon tant que le cultivateur ne peut se livrer à une production de remplacement économiquement plus intéressante pour lui.

Quant aux rendements individuels des animaux, ils ne peuvent que croître ; cette amélioration constitue d'ailleurs un facteur essentiel et combien précieux de diminution du prix de revient du beurre.

*
* *

En Belgique, on ne peut guère, semble-t-il, tabler sur une diminution de la production du lait et il ne convient pas, dans la conjoncture actuelle, que la fabrication beurrière dépasse les besoins intérieurs.

Il apparaît, dès lors, indispensable d'encourager la consommation du beurre et de tenter de s'orienter vers d'autres usages du lait.

A cette fin, il faut :

a) inciter la population à boire plus de lait en nature ;

b) examiner l'opportunité de livrer un lait de consommation plus riche en matière grasse ;

c) fabriquer, éventuellement, en plus forte quantité que jusqu'ici, d'autres dérivés gras que le beurre : lait concentré, poudre, fromage.

Lait concentré : La prudence s'impose car notre production couvre de plus en plus nos besoins. Accrue des importations de Hollande, elle a déjà déterminé une offre excessive. Nous n'avons pas de courant établi avec l'étranger pour l'exportation de ce produit et nos prix sont trop élevés pour nous permettre, sans recouvrir à des mesures artificielles, de conquérir des débouchés extérieurs ; de plus, il serait nécessaire que la qualité de notre production réponde parfaitement aux normes admises sur le plan international.

Poudre : Nous en fabriquons peu et nous ne sommes pas, dans ce domaine, protégés contre la concurrence néerlandaise. Cette industrie a besoin de subsides pour se maintenir. Son extension est liée à un problème de financement.

Fromage : Notre dépendance vis-à-vis de l'étranger (surtout des Pays-Bas pour les fromages à pâte dure, de la France et de la Suisse pour les fromages à pâte molle) est très grande. Nous pourrions, à la condition de disposer d'un personnel technique qualifié, élargir notre production et l'orienter vers les fromages à pâte dure. Cet élargissement nécessiterait l'octroi de subsides.

Au sein du Benelux, la position de notre économie laitière apparaît très faible. La cause en réside moins dans une infériorité technique que dans des facteurs tels que : différence du montant des fermages, des salaires et des charges sociales, productivité naturelle des prairies supérieure en Hollande, etc., et surtout, différence des politiques pratiquées (Fonds laitier hollandais).

Peut-être est-il prématuré de préjuger des perspectives que laisse entrevoir le Marché commun à notre secteur laitier.

Soulignons d'abord qu'en vertu de l'article 44 du Traité instituant la Communauté économique européenne, la suppression des droits de douane

et des restrictions des échanges entre les États membres est assortie d'une clause de sauvegarde, celle des « prix minima », dont une approche figure, on le sait, dans le Traité constitutif de Benelux. Les effets de cette clause doivent cependant aller en s'atténuant et, à l'expiration de la période de transition (d'une durée de 12 à 15 ans), prévue pour l'établissement du Marché commun, un régime non encore défini fixera les règles à appliquer dans le cadre de la politique agricole commune. L'organisation commune des marchés agricoles prendra, suivant les produits, l'une des formes ci-après :

a) des règles communes en matière de concurrence,

b) une coordination obligatoire des diverses organisations nationales du marché,

c) une organisation européenne du marché.

En ce qui concerne les dérivés du lait, on peut émettre les quelques commentaires suivants :

Beurre. Au cours de la période 1954-1956, cinq partenaires de la Communauté ont été importateurs : l'Allemagne Occidentale (en moyenne 27.000 tonnes par année), la France (9.000 tonnes), la Belgique et le Luxembourg (8.000 tonnes), l'Italie (7.000 tonnes). Les Pays-Bas ont exporté 43.000 tonnes de ce produit. A l'exception de l'U. E. B. L. (droit de préférence garanti aux Pays-Bas), les pays importateurs n'ont guère acheté de beurre hollandais. L'Allemagne, qui représente le débouché le plus important, a acheté près de 75 % du beurre, qu'elle a importé, à des États tiers. Il y a là des possibilités de vente pour ses partenaires surproducteurs ou le devenant (Pays-Bas, France, U. E. B. L.). Il serait, toutefois, souhaitable que la Hollande puisse maintenir sa position sur le marché britannique pour que cet espoir se matérialise.

La production des « Six » a tendance à augmenter. Peut-on espérer qu'il en sera de même de la consommation ? Elle est la plus élevée au Luxembourg et en Belgique, mais faible en Allemagne occidentale (6,9 kg. par an et par habitant), en France (5,5 kg.), et surtout aux Pays-Bas (3 kg.) et en Italie (1.3 kg.) ; dans ce dernier pays, il est certain que la consommation de l'huile restera prédominante (population méridionale).

Lait concentré. La production est largement excédentaire (surtout du fait des Pays-Bas et de l'Allemagne fédérale).

Poudre de lait. La production de la Communauté est excédentaire. En 1954-1956, la Hollande a exporté, en moyenne, 35.000 tonnes par année (soit 66 % des exportations du bloc), dont 10.000 tonnes à destination de ses partenaires.

Fromage. La Communauté est un peu exportatrice nette de fromage. En 1954-1956, les importations totales ont atteint 131.000 tonnes (13 %

de la production), dont 73.000 ont fait l'objet de mouvements intra-communautaires. Le fromage a représenté le principal dérivé laitier d'importation. Cependant, les exportations à destination des pays tiers ont légèrement dépassé les importations correspondantes.

Actuellement, environ la moitié du commerce d'importation des dérivés laitiers s'effectue avec des pays tiers. Les « Six » devront s'efforcer de maintenir et de renforcer ce mouvement ; en même temps, ils ne perdront pas de vue que les débouchés internes sont les plus sûrs et paraissent particulièrement précieux en périodes, comparables à l'actuelle, de déséquilibre des marchés des produits laitiers.

LABORATOIRE DE CHIMIE ANALYTIQUE.

Le comportement polarographique de la nicotine et de la nornicotine (*)

par Nasser Melamed, Paul Nangniot et Pierre H. Martens.

En 1932, Semerano [7] démontrait que la nicotine fournit une onde cathodique en milieu acide. Dix neuf ans plus tard, Rusconi, Monnier et Wenger [6] amélioraient la technique de Semerano et montraient que l'onde de diffusion passe par une valeur maximum qu'on atteint par additions progressives d'acide chlorydrique dilué.

Aucun de ces auteurs n'envisage l'étude de la nornicotine, alors que cet alcaloïde existe conjointement avec la nicotine dans la plupart des tabacs.

Seuls Willits et Ricciuti [8], dans une étude portant sur le dosage ampérométrique de la nornicotine, signalent la réduction polarographique de cet alcaloïde en milieu acide.

L'un de nous [5] a montré récemment que la nornicotine est réductible dans les mêmes conditions que la nicotine et que les potentiels de demi-onde de ces deux alcaloïdes sont beaucoup trop rapprochés pour permettre leur estimation sur un même polarogramme : un procédé de séparation, basé sur la fixité des produits de nitrosation de la nornicotine et décrit par Bowen et Bartell [2] rend cependant possible un dosage de chacun de ces alcaloïdes par différence de mesures des ondes avant et après nitrosation.

Dans la présente étude, nous nous proposons de faire connaître nos résultats et de comparer les vagues polarographiques fournies par la nicotine et la nornicotine dans divers milieux de base.

(*) Déposé à la rédaction le 4 juillet 1958.

A. — Les conditions opératoires.

1. — *L'appareillage* :

Les polarogrammes ont été enregistrés partiellement au moyen d'un polarographe Metrohm type E 261 et partiellement au moyen d'un polarographe Radiometer type PO^3e.

Toutes les mesures ont été prises sur des solutions maintenues à la température de 25°C dans un thermostat.

Les caractéristiques des capillaires ont été déterminées à-1,8 volt SCE afin de pouvoir être reprises dans le calcul de la constante de diffusion

$$I = \frac{i_d}{c.\ m.^{2/3}.\ t^{1/6}}$$

dérivée de l'équation d'Ilkovic [3]

2. — *Les solutions* :

a) *Solution à examiner* :

Les solutions à examiner sont préalablement désoxygénées pendant 10 à 15 minutes par barbotage d'azote gazeux, lavé dans une liqueur alcaline de pyrogallol ; à cet effet, elles sont introduites dans une cellule d'électrolyse de type Kalousek, légèrement modifiée afin de faciliter son nettoyage et accélérer la désoxygénation.

Comme suppresseur de maximum, on a utilisé, dans tous les essais, la gélatine à la concentration de 0.005 %.

La nature de l'électrolyte-support a varié au cours des essais, comme il sera vu dans la suite.

b) *Solutions d'alcaloïdes* :

Solution de nicotine:

La solution stock de nicotine $1.0044.10^{-2}$M est obtenue à partir de nicotine pure B. D. H., titrant 99,94 % de nicotine.

Solution de nornicotine:

100 mg de picrate de nornicotine de pureté garantie (*), sont introduits dans le tube central d'un appareil de Bowen et Bartell [2] légèrement modifié par Legros. On ajoute ensuite 100cc de NaOH à 30 %, un petit fragment de paraffine, puis on procède à l'entraînement à la vapeur d'eau pendant

(*) Gracieusement communiqué par Mr. Cuzin. Paris.

environ 30 minutes. La nornicotine entraînée est recueillie dans un vase de berlin de 400 cc, contenant 5 cc. du mélange des 3 acides entrant dans la composition du tampon de BRITTON et ROBISON [1]. L'entraînement terminé (on s'assure que cette opération est terminée en effectuant un essai à la touche, sur plaque noire à godets, avec une solution d'acide phosphotungstique à 15 %) ; la solution de nornicotine est réduite par évaporation à un volume plus faible, puis portée à 100 cc dans un ballon jaugé.

B. — LES VARIATIONS DE $E_{1/2}$, DE I ET DE L'ALLURE DES ONDES SUIVANT LES VALEURS DE pH.

1. — *Milieux de base non tamponnés* :

a. Milieux acides:

C'est en milieux acides que nos prédécesseurs ont conduit leurs essais.

SEMERANO [7] enregistrait les polarogrammes d'une solution de nicotine progressivement additionnée d'acide chlorydrique très dilué. De ces polarogrammes successifs, il choisissait celui qui correspondait à l'onde la mieux marquée et la plus haute.

RUSCONI, MONNIER et WENGER [6] adoptent un potentiel d'électrolyse stable, de —1,3 volt et mesurent le courant de diffusion après chaque addition d'acide dans un milieu qui contient la nicotine en présence de KCl à la concentration 0.25 M. comme électrolyte de base : on choisit la valeur maximum des courants de diffusion ainsi mesurés. D'après les auteurs, cette valeur est proportionnelle à la concentration en nicotine.

En déterminant les valeurs pH de solutions nicotinées examinées suivant la technique de SEMERANO [7] on observe que les allures des courbes varient notablement : une onde, attribuée à la nicotine, se remarque dès que le pH tombe à 4,3 : la forme de la courbe apparaît la meilleure lorsque le pH se situe à 3,5 - 3,7.

Aux valeurs de pH inférieures à 3, le saut dû à la nicotine tend à se confondre avec celui que produit la présence des ions H^+.

WILLITS et RICCIUTI [8] établissent cependant que sur une solution $2{,}879 \times 10^{-3}$M, à la température de 5°C, en milieu 0,1M en $LiCl^3$ et 0.1M en HCl, la nornicotine fournit une vague à $E_{1/2} = -0.78$ V. SCE.

b. Milieux alcalins:

Dans les liqueurs diluées de soude caustique, la nicotine et la nornicotine fournissent, toutes deux, des vagues parfaitement définies dont les potentiels de demi-onde se situent à-1.80 volt SCE. Mais le comportement de la nicotine diffère de celui de la nornicotine suivant la concentration en NaOH, comme le montrent les résultats du tableau I.

TABLEAU I.

Comparaisons de comportement en milieux alcalins.

Concentrations en NaOH	Valeurs de I = K	
	Nicotine $c = 0.2 \times 10^{-3}$ M	No nicotine $c = 0.2 \times 10^{-3}$ M
0.01 N	1.10	3.08
0.02 N	0.335	2.47
0.03	peu perceptible	1.77

On remarque ainsi que dans NaOH. 0.02 N l'onde de la nornicotine est 7.4 fois plus élevée que celle de la nicotine. La disparition de l'onde de la nicotine est d'ailleurs rapide avec l'accroissement de la concentration en NaOH.

Le dosage de la nornicotine dans les tabacs dont la teneur en nicotine est égale ou inférieure à la teneur en nornicotine pourrait s'effectuer directement par la lecture d'un polarogramme enregistré à partir d'une solution de NaOH 0.02 N : l'erreur due à la présence de la nicotine serait minime.

Ainsi, dans un mélange de nicotine 0.4×10^{-3} M et de nornicotine 0.165×10^{-3} M, l'onde obtenue dans NaOH 0.02 N correspond à un courant de diffusion de 0.70 μA.

Dans les mêmes conditions, la nornicotine seule fournit un courant de 0.61 μA.

En admettant que l'onde obtenue sur le mélange corresponde uniquement à la nornicotine, l'erreur relative serait

$$\frac{(0.70 - 0.61)100}{0.61} = 14.8\ \%\ \text{en excès}$$

Cette erreur diminue naturellement avec la diminution de la teneur relative en nicotine et ne dépasse pas 6 % dans le cas où la teneur en nicotine vaut celle en nornicotine.

L'enregistrement d'un polarogamme en milieu de base NaOH 0.02 N peut ainsi permettre une identification rapide des tabacs riches en nornicotine et pourrait convenir au dosage de ce dernier alcaloïde si une grande précision n'est pas exigée par la nature du travail entrepris.

2. — *Milieux de base tamponnés.*

a. Tampons acide acétique-ammoniaque.

Les liqueurs tampon sont préparées en mélangeant les liqueurs constitutives de titre 0.2 N, en proportions variables : le pH est ensuite contrôlé par électrométrie.

Les polarogrammes ont été enregistrés au polarographe RADIOMETER. La caractéristique du capillaire valait à 25°C,

à 0 volt	2.34 mgr $^{2/3}$ sec $^{-1/2}$
— 1.4 »	2.29
— 1.85	2.15.

Les observations sont reportées au tableau II pour ce qui regarde uniquement la nicotine: notre approvisionnement en nornicotine devant être épargné au maximum.

TABLEAU II

$c = 1.02 \times 10^{-3}$M.

Caractères des polarogrammes en milieu HAc/NH_4Ac

pH	E½ SCE	i_d (μA)	I	Remarques
3.13	— 1.27	7.41	3.17	
3.25	— 1.26	7.33	3.14	Paliers supérieurs
3.43	— 1.26	7.33	3.14	fortement inclinés
3.55	— 1.26	7.24	3.10	
3.75	— 1.26	7.16	3.07	
3.90	— 1.27	6.83	2.93	
4.88				Vague non mesurable

$E_{1/2}$ et I varient peu avec pH ce qui présente l'avantage de ne pas exiger une fixation stricte de pH : malheureusement l'inclinaison des paliers supérieurs rend les mesures peu précises.

b. Tampons acide acétique / acétate de soude.

On mélange des liqueurs de titre 0.2 N et on contrôle le pH par électrométrie.

Les observations effectuées sur polarogrammes enregistrés comme dans le cas précédent sont reportées au tableau III.

TABLEAU III.

Caractères des polarogrammes en milieux HAc/NaAc

$c = 1.07 \times 10^{-3}$M

pH	E½ SCE	i_d(μA)	I	Remarques
3.26	— 1.26	6.99	2.99	
3.30	— 1.26	7.24	3.10	
3.43	— 1.26	7.24	3.10	Paliers supérieurs
3.58	— 1.26	6.99	2.99	fortement inclinés
3.75	— 1.26	7.33	3.14	

Les polarogrammes obtenus dans ces tampons présentent les mêmes caractères que ceux qu'on a relevé dans les tampons précédent.

c. Tampons chlorure ammonique/ammoniaque.

On mélange en proportions variables une liqueur 0.2 N de chlorure ammonique avec une liqueur 0.2 N en ammoniaque : on contrôle le pH par électrométrie.

Les observations sont reportées au tableau IV et montrent que ces milieux ne peuvent pas convenir.

TABLEAU IV

Caractères des polarogrammes en milieux NH^4Cl/NH^4OH
$c = 1.02 \times 10 - {}^3M$

pH	E½ SCE	i_d.(μA)	I	Remarques.
8.13	— 1.52	8.16	3.65	Paliers supérieurs
8.60	— 1.56	8.82	3.84	très fortement incli-
9.33	— 1.62	8.16	3.56	nés
9.58	—	—	—	vagues non mesura-
10.00	—	—	—	bles

d. Tampons de BRITTON et ROBISON.

On prépare ces tampons en mélangeant une liqueur 0.2 M en NaOH avec une liqueur constituée par volumes égaux d'acide acétique 0.12 M, d'acide phosphorique 0.12 M et d'acide borique 0.12M ; la gamme de pH couverte par ces mélanges s'étend de 2 à 12.

En vue des essais, on introduit dans un ballon de 50 ml. une quantité connue de nicotine ou de nornicotine, on y ajoute 25 ml de tampon préparé comme il vient d'être dit et 1 ml de gélatine à 0.25 % ; on porte au volume avec de l'eau, on agite et contrôle le pH de la solution.

Les résultats enregistrés au polarographe sont donnés au tableau V et représentés en Figure 1.

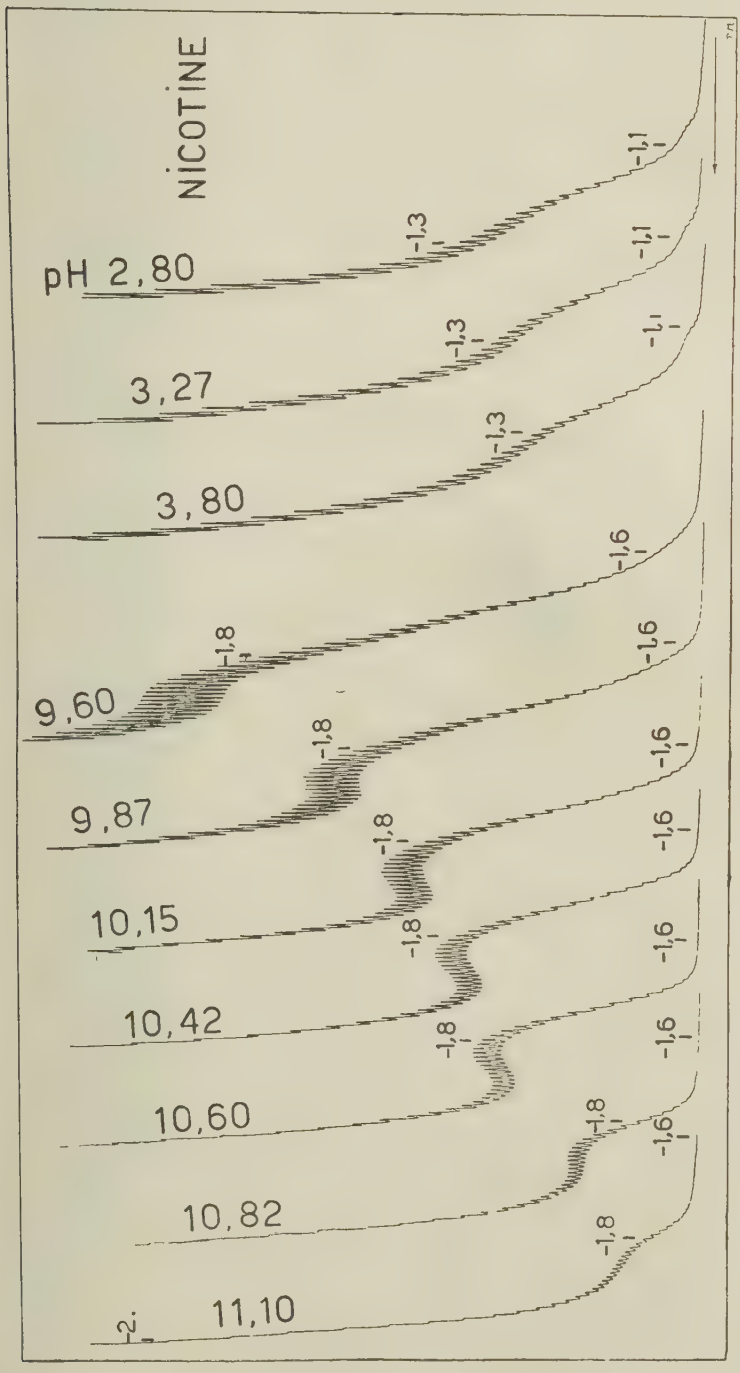

NICOTINE
pH 2,80
3,27
3,80
9,60
9,87
10,15
10,42
10,60
10,82
11,10
-1,1
-1,3
-1,6
-1,8
-2i

FIG. I

TABLEAU V.

Valeurs de $E_{1/2}$ et de I en fonction de pH pour la nicotine.

pH	$c = 0.2 \times 10^{-3}M$ $M^{2/3} t^{1/6} = 1.557$ à $-1.2V$ 1.446 à $-1.8V$			$c = 1.02 \times 10^{-3}M$ $M^{2/3} t^{1/6} = 2.29$ à -1.4 V 2.15 à -1.8 V			Remarques
	$E_{1/2}$	id	I	$E_{1/2}$	id	I	
2.25	—	—	—	—	—	—	vagues non mesurables
2.45	—	—	—	—	—	—	
2.50	—	—	—	— 1.22	7.41	3.16	vagues difficilement mesurables
2.60	—	—	—	— 1.22	7.41	3.16	
2.80	—	—	—	— 1.21	7.49	3.19	
2.90	— 1.21	0.96	3.42	— 1.22	6.66	2.84	
3.00	—	—	—	—	—	—	
3.30	— 1.24	1.13	3.88	— 1.24	6.24	2.66	
3.60	—	—	—	— 1.25	4.41	1.88	
3.80	— 1.27	1.04	3.60	—	—	—	vague non mesurable
4.20	—	—	—	—	—	—	
6.60	—	—	—	—	—	—	
7.06	—	—	—	— 1.58	8.33	3.71	
7.70	—	—	—	—	—	—	vague diff. mesurable vagues non mesurable
9.30	—	—	—	—	—	—	
9.40	—	—	—	—	—	—	
9.60	— 1.77	3.51	12.10	—	—	—	vagues difficilement mesurables
9.75	— 1.77	2.96	10.20	—	—	—	
9.87	— 1.77	2.62	9.08	— 1.77	10.60	5.28	
10.15	— 1.77	2.13	7.32	—	—	—	
10.33	—	—	—	— 1.78	11.24	5.10	
10.40	— 1.78	1.82	6.27	— 1.79	10.66	4.85	vagues faciles à mesurer
10.60	— 1.78	1.54	5.28	— 1.80	10.50	4.78	
10.70	— 1.80	1.31	4.52	— 1.80	10.50	4.78	
10.80	— 1.81	0.82	2.83	— 1.80	10.50	4.78	
10.87	— 1.82	0.45	1.55	— 1.79	7.99	3.74	
11.10	— 1.82	0.45	1.55	—	—	—	
11.17	—	—	—	— 1.79	7.99	3.74	
11.40	— 1.83	0.33	1.14	— 1.80	—	—	
11.60	—	—	—	— 1.80	5.83	2.66	
11.80	—	—	—	— 128.	3.16	1.44	
12.00	—	—	—	— 1.83	2.00	0.91	
12.10	—	—	—	— 1.84	1.50	0.68	
12.20	—	—	—	— 1.85	0.33	0.15	

Les essais effectués de manière analogue sur la nornicotine sont reportés au tableau VI et représentés en Figure II.

TABLEAUX VI

Valeurs de $E_{1/2}$ et de I fonction de pH pour la nornicotine

$c = 0.165 \times 10^{-3}M$
$M^{2/3} t^{1/6} = 1.446$ à - 1.8 Volt.

pH	$E_{1/2}$	i_d. μA	I	Remarques
2.25	—	—	—	vagues non mesurables
2.45	—	—	—	
2.70	—	—	—	
3.20	— 1.28	0.72	3.02	
3.70	— 1.29	0.70	2.92	
4.10	—	—	—	vagues difficilement mesurables
4.50	—	—	—	
6.40	—	—	—	
7.40	—	—	—	
8.75	—	—	—	
9.20	—	—	—	
9.60	— 1.68	1.16	4.88	
9.90	— 1.71	1.09	4.58	
10.10	— 1.71	1.01	4.75	Bonnes vagues
10.50	— 1.73	0.94	3.95	
10.62	— 1.75	0.87	3.66	
10.80	— 1.77	0.79	3.41	
11.05	— 1.78	0.71	3.02	
11.20	— 1.82	0.62	2.70	
11.55	— 1.83	0.52	2.19	

Comme pour la plupart des autres substances réductibles, les potentiels de demi-onde de la nicotine et de la nornicotine se déplacent vers des valeurs plus négatives, lorsque le pH augmente.

Les valeurs des potentiels $E_{1/2}$ de ces deux alcaloïdes sont cependant trop voisines pour assurer une suffisante séparation des ondes qu'ils fournissent. On sait que deux vagues ne sont distinctes que si les potentiels de demi-onde diffèrent de 0.2 volt au moins.

On remarquera que le courant de diffusion de la nicotine et de la nornicotine peut varier considérablement avec le pH.

Le choix du tampon à pH 10.6 se défend par deux arguments :

a. La belle allure des courbes (revoir le graphique).

b. Une meilleure stabilisation de la hauteur des sauts. Si on construit le graphique des valeurs du courant de diffusion I en fonction du pH on observe une brusque inflexion de la courbe au pH 10.75 (Fig. III).

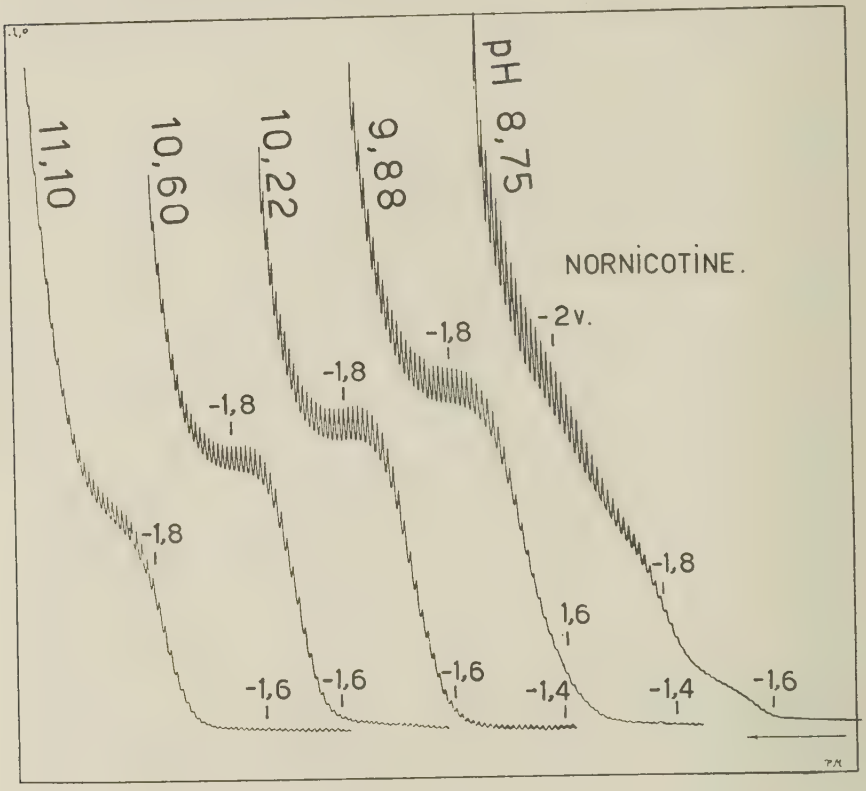


FIG. II

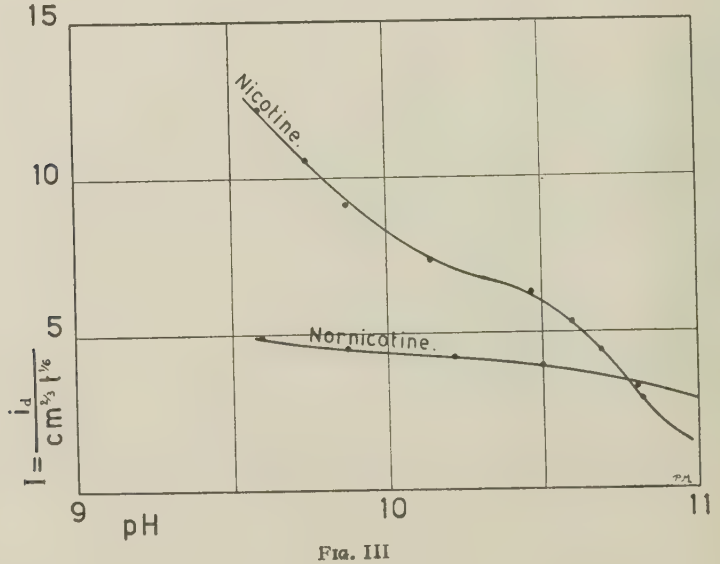


FIG. III

Mais la fixation parfaite de la solution a une valeur de pH contrôlée, au centième près, présente des difficultés opératoires que nous préférons éliminer en décalant légèrement la valeur du pH à réaliser dans les mesures, et en la fixant à 10.6. A cette valeur une légère différence dans la fixation de pH présente une importance moindre qu'au pH 10.75.

La nature du processus générateur des vagues.

Suivant KOLTHOFF et LINGANE [3], le comportement polarographique des composés hétérocycliques contenant de l'azote est compliqué par le fait que beaucoup d'entre eux fournissent des vagues catalytiques en addition au type normal de vague de réduction.

Or, la nicotine contient un noyau pyridine associé à un noyau 1-méthylpyrrol, alors que la nornicotine contient le même noyau pyridine associé à un noyau pyrrol.

Le pyrrol et le 1-méthylpyrrol ne sont pas réductibles. Par contre dans le tampon de BRITTON-ROBISON au pH 10.6 la pyridine fournit une vague, assez difficilement mesurable, dont $E_{1/2}$ vaut - 1.84 v. SCE.

Il semble donc que la fonction pyridique de la nicotine et de la nornicotine soit responsable de leurs propriétés électrochimiques. On notera cependant que la collidine et la lutidine, qui sont cependant apparentées à la pyridine, présentent des comportements polarographiques différents (Fig. IV).

MEITES [4] recommande de contrôler la possibilité de réaction catalytique par les deux tests suivants :

I^er *Test* : Constance du rapport $\frac{\text{id}}{\text{h}^{1/2} \text{ corrigé.}}$

On provoque une variation de masse et de durée de vie des gouttes en augmentant la hauteur de la colonne de mercure.

Les mesures sont effectuées sur une solution de nicotine 0.2009×10^{-3}M dans le tampon de BRITTON-ROBISON à pH 10.6.

La contre-pression (back pression) vaut, suivant MEITES [4], dans le cas présent :

$$\frac{3.1}{(\text{mt})^{1/3}} = \frac{3.1}{(3.763)^{1/3}} = 1.99 \simeq 2.\text{cm.}$$

TABLEAU VII.

Valeurs du rapport id/h^1/2 corrigé

h cm	h corrigé	$h^{1/2}$ corrigé	i_d (A)	$id/h^{1/2}$ corrigé
51.2	49.2	7.01	1.82	0.259
41.6	39.6	6.29	1.75	0.278
30.9	28.9	5.38	1.63	0.303
26.6	24.6	4.96	1.48	0.298

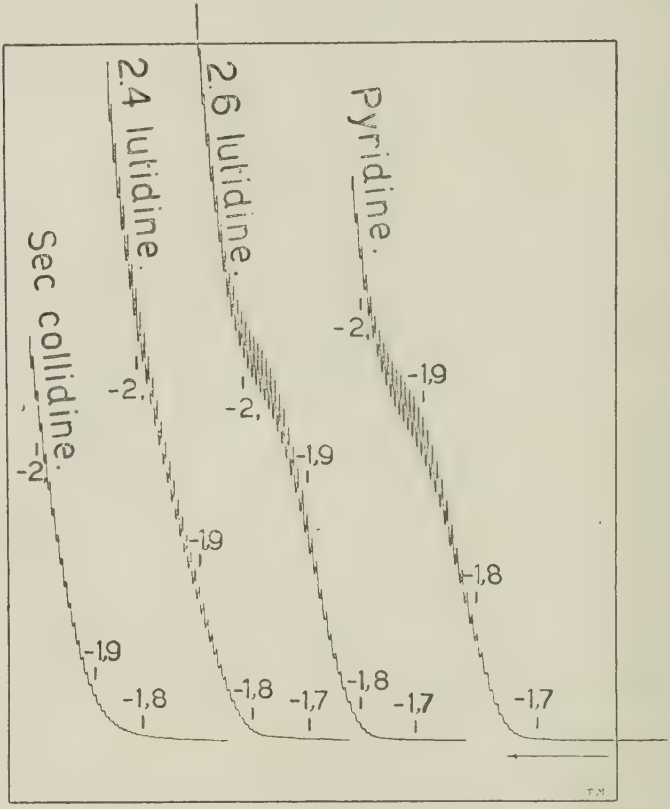


FIG. IV

La constance n'étant pas réalisée, l'onde n'est pas gouvernée uniquement par la diffusion : il existe une action catalytique.

2me *test* : Variation du coéfficient de température.

A 25°C une solution 0.2009×10^{-3}M en nicotine dans le tampon de BRITTON-ROBISON de pH 10.6 donne une vague de 1,75 μA. A 40°C la même solution donne une vague de 3,06 μA.

Le coéfficient de température vaut ainsi :

$$100\left[\left(\frac{3.06}{1.75}\right)^{1/15}-1\right] = 4{,}5\% \text{ par degré.}$$

Une onde qui est uniquement gouvernée par la diffusion présente un coefficient de température qui se situe aux environs de 2 % par degré.

La concordance de ces deux tests indique que la composante catalytique de la vague de la nicotine existe ; mais qu'elle est peu importante dans les

conditions opératoires imposées. Il est à supposer que cette action catalytique vaut aussi, quoique de façon moindre, pour la nornicotine.

Établissement des courbes analytiques.

Les polarogrammes obtenus sur des solutions de titres différents en nicotine ou en nornicotine dans le tampon de BRITTON-ROBISON au pH 10.60 et sur des solutions de titres variables en nicotine dans le tampon Acide acétique/Acétate au pH 3.50, ont permis de démontrer que les courbes analytiques peuvent être considérées comme droites à condition qu'on puisse contrôler rigoureusement le pH des solutions à examiner : les fluctuations de résultats sont alors inhérentes à la qualité des appareils de mesure et aux facilités d'examen des polarogrammes.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

1. BRITTON J. H. et ROBISON R. A. *J. Chem Soc. London.* CXIII (1931), p. 458.
2. BOWEN C. V. et BARTELL W. F. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* XV (1943), p. 12.
3. KOLTHOFF I. M. et LINGANE J. J. *Polarography.* Interscience Publishers à New- York (1952).
4. MEITES L. *Polarographic techniques.* Interscience Publishers à New- York (1955).
5. NANGNIOT P. et MELAMED N. *Chimie analytique* XL (1958), p. 3-7.
6. RUSCONI Y. MONNIER D. et WENGER P. F. *Anal. Chim. Acta* LIX (1951), p. 222-27.
7. SEMERANO G. *Giro. Chem. Ind. Apll.* XIV, (1932), p. 608-14.
8. WILLITS C. O. et RICCIUTI C. *Anal. Chem.* XXIII. (1951), p. 1712-13.

CHAIRES DE CONSTRUCTIONS DU GÉNIE RURAL
ET D'HORTICULTURE

Possibilités d'utilisation des Polyesters stratifiés en construction horticole

Résultats de premiers essais pratiques : Comparaison avec divers matériaux à base de verre (*).

par G. Neuray et A. Nisen.

Introduction.

Les résines polyesters sont des hauts polymères des esters, c'est-à-dire des substances résultant de l'action d'un acide sur un alcool en présence d'un catalyseur déshydratant. Un grand nombre de résines sont utilisées dans le commerce. Leur formule étant tenue secrète par les Firmes intéressées, il n'est guère possible pour un profane de les reconnaître l'une de l'autre, mais si plusieurs résines différentes sont utilisées, elles présentent cependant toutes de nombreux points communs et leurs différences sont plus quantitatives que qualitatives. En ce qui nous concerne, leur plus grand intérêt est leur opacité aux rayons Infra-rouges moyens et longs (nous y reviendrons plus loin).

Ces résines s'utilisent rarement à l'état « coulé » ; elles sont le plus souvent stratifiées avec des armatures : des couches de résine alternent avec une ou plusieurs couches d'armature. Cette dernière est généralement un produit à base de verre (mat, fibres, etc...).

Il y a donc 2 sources de variations dans ces polyesters : la résine et l'armature. Cela suffit à expliquer les différences pouvant exister entre diverses fabrications (pourcentage relatif des deux constituants, mise en œuvre, mode de polymérisation etc...). Mais insistons sur le fait qu'à notre connaissance, tous les polyesters fabriqués en Belgique possèdent les mêmes qualités (en ce qui concerne leur utilisation en Horticulture) ; mais dans des proportions différentes.

(*) Déposé à la rédaction le 15 mars 1958.

Disons encore que les polyesters se présentent sous la forme de plaques rigides, planes ou ondulées, de 1 à 2 mm d'épaisseur, de teinte jaunâtre à grisâtre, translucides (pouvant être diversement colorées), plaques laissant apparaître plus ou moins clairement les fibres de l'armature.

Propriétés des Polyesters stratifiés.

Les caractéristiques qu'il importe le plus de connaître sont celles qui ont trait à la translucidité de ces matières.

La fig. 1 nous donne une allure générale du spectre de transmission des polyesters stratifiés et permet une comparaison aisée entre transparence du polyester et transparence du verre. .

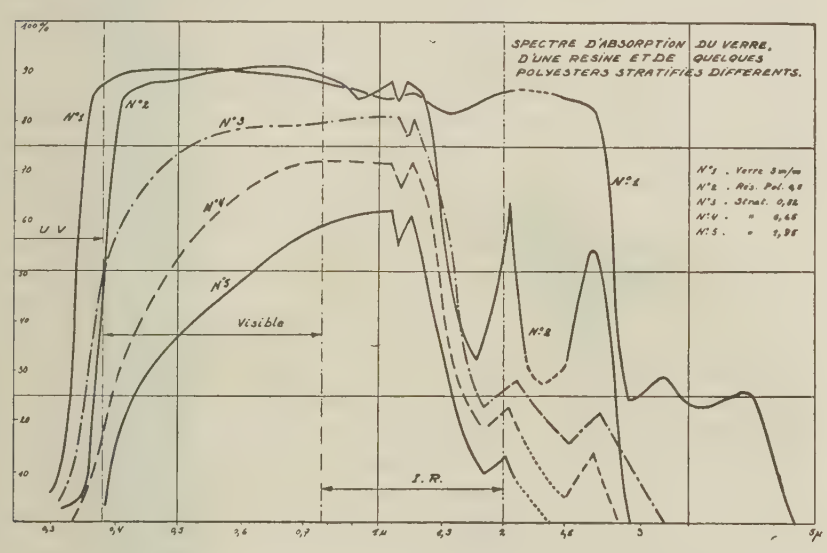


Fig. 1.

Ce qui frappe, en premier lieu, à l'examen de la fig. 1, c'est la grande similitude qui existe dans l'allure générale du spectre de transmission de ces deux matériaux. En effet, tous deux présentent une très faible transparence à l'Infra-Rouge moyen et une opacité très nette aux rayons Ultra-violets proches et Infra-Rouges longs. Ils possèdent donc, tous deux, ce que l'on appelle l'Effet de Serre, c'est-à-dire la caractéristique de permettre l'échauffement de l'enceinte qu'ils délimitent, par les rayons « calorifiques » du soleil, tout en s'opposant énergiquement aux pertes de chaleur à partir de cette enceinte, chaleur correspondant aux rayons Infra-Rouges longs (de 5 à 35 μ.) émis par le sol et les plantes après absorption des rayons solaires. En un mot, ils permettent donc un échauffement progressif

en modifiant le bilan d'energie d'une façon favorable à cette élévation de température intérieure.

C'est là une qualité primordiale qui confère au polyester la possibilité d'occuper un rang de choix dans la liste des matières nouvelles susceptibles d'être utilisées comme recouvrement des constructions horticoles.

Malheureusement, si les résines polyesters ont une transparence à peu de chose près égale à celle du verre, qualitativement et quantitativement, il n'en est plus entièrement de même pour les stratifiés : l'utilisation d'une sorte de feutrage de laine de verre pour permettre la fabrication de plaques très résistantes, confère à l'ensemble résine + laine de verre des propriétés très vives de diffuseur de la lumière. Cette diffusion est source de pertes relativement importantes ; au total, elle crée donc une très grande variation dans la transparence des stratifiés et ce, en fonction de la fabrication (dispersion de la laine de verre, taux de celle-ci, mise en œuvre etc.). Ainsi donc, en fin de compte, les différences Polyesters stratifiés — Verre atteignent un ordre de grandeur suffisant pour qu'il soit *impossible de prévoir le comportement des plantes sous ce matériel* de la famille des matières plastiques et pour qu'il devienne indispensable de mettre sur pied une expérimentation où serait déterminée, le plus scientifiquement possible, la valeur « horticole » du Polyester.

Il existe d'autres caractéristiques qu'il serait intéressant de passer en revue ; mais nous nous bornerons à cette seule transparence, car la discussion des conséquences des autres sortirait du cadre du présent rapport. Nous ne pouvons cependant pas terminer ce chapitre sans dire que les polyesters stratifiés présentent une très grande résistance à la flexion, à la traction ; qu'ils sont souples et très difficilement cassables, très légers et utilisables en épaisseurs allant du 1/2 mm. à quelques mm., suivant les exigences auxquelles ils devront faire face.

Conception de l'essai.

Le but de l'essai était double :

— poursuivre les travaux entrepris depuis plusieurs années pour comparer les différents verres d'utilisation possible en Horticulture (*) : verre demi-double « ordinaire », verre martelé et doubles parois vitrées commerciales :

— introduire, dans le lot de matériaux étudiés, deux matières nouvelles :

  — *un polystyrène expansé* à structure microporeuse, d'aspect semblable à du liège, mais de teinte blanche et de poids spécifique beaucoup plus faible ; et

  — *un polyester stratifié* (fabrication Scobel à Gand) sous forme de plaque plane et plaque ondulée d'épaisseur moyenne de l'ordre du mm.

(*) A. Nisen *Le verre, matériau de construction en horticulture.* Premiers résultats de quelques essais, *Bull. Inst. agr. et St. Rech. Gembloux*, XXII, 1-2, pp. 33-51, 1954.

Il importe de noter que si le Polyester peut être utilisé seul, il convient de n'utiliser le polystyrène expansé que collé à la face inférieure d'une feuille de verre, ce qui diminue la transparence de ce dernier dans de très fortes proportions (évaluées dans le cas qui nous occupe et pour une épaisseur de polystyrène de 1/2 cm., à 70 à 80 %) mais multiplie ses qualités d'isolant thermique par un coefficient allant de 2 à 3.

L'expérimentation fut subdivisée en 3 phases : *la première* destinée à déterminer les différences de croissance des végétaux, différences dues à l'action simultanée des facteurs Lumière et Température, ceux-ci étant eux-même fonction des caractéristiques des matériaux étudiés ; *et les deux autres*, les variations de rendement occasionnées par les différences de transparence à la lumière des matériaux.

Dans le premier cas, les couches utilisées ont toujours été maintenues hermétiquement fermées, tandis que, au cours des seconde et troisième phases, les panneaux de verre ou de polyester étaient placés à quelques cm. au-dessus du bord des mêmes couches.

Mais, malgré l'enregistrement méticuleux des températures et du degré hygrométrique, il n'a pas été possible, dans la première partie de l'expérimentation, de dissocier l'action des facteurs température et humidité de celle de la lumière ; c'est ce qui nous a incité à poursuivre les essais sur couches « ouvertes ».

Matériel et disposition de l'essai.

Nous avons utilisé six petites couches maçonnées (1/2 brique d'épaisseur, bords latéraux inclinés vers le Sud d'un angle de 15 degrés, ce qui, hâtons-nous de le dire, est une inclinaison nettement plus élevée, que la normale) ; ces couches étaient disposées en quinconce et placées de telle sorte, par rapport aux bâtiments les plus proches, que l'action des vents froids de printemps se fasse sentir partout avec une intensité aussi égale que possible.

La terre des couches a été, avant le début de l'essai, complètement retirée sur une épaisseur de 30 cm ; sept recoupements et manipulations du tas ont permis d'arriver à une homogénéisation du substrat de culture que nous pourrons admettre comme parfaite.

Dans les deux premiers essais, nous avons utilisé des Radis Rouges « à bout blanc » (Supergran) et les avons semés à très grande distance l'un de l'autre dans la ligne et à distance normale entre les lignes. Nous avons cru bon de séparer à ce point les graines — et partant les plantules — de façon à ce que chacune de ces plantes, prise individuellement, puisse croître dans des conditions parfaitement comparables et qu'aucune plantule, par une proximité trop accentuée, ne soit une cause de trouble pour la croissance de sa voisine. Nous avons adopté ainsi l'espacement approximatif de 5 cm. dans la ligne.

Le troisième essai a été effectué sur Haricot.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, les matériaux de recouvrement suivants ont été utilisés :

I) *Verre semi-double,* qualité ordinaire pour l'horticulture ;

II) *Verre martelé coulé* d'épaisseur moyenne de 3,5 mm. environ, présentant une face relativement plane et une face martelée, cette dernière étant dirigée vers l'intérieur de la couche ;

III) *Verre* demi-double de mêmes caractéristiques que I), à la face inférieure duquel nous avions collé une feuille de *Polystyrène expansé* de 2,5 mm. d'épaisseur ;

IV) *Double paroi vitrée* formée de deux feuilles de Verre demi-double juxtaposées, séparées entre elles par une lamelle d'air de 6 mm. d'épaisseur, et réunies sur leur pourtour, par un joint spécial, assurant l'étanchéité parfaite et durable de l'ensemble ;

V) *Polyester ondulé* (gracieusement fourni par la Firme Scobel de Gand), de fabrication normale, de teinte « naturelle » (c'est-à-dire non colorée), et d'épaisseur moyenne de l'ordre de 1,75 mm ;

VI) *Polyester* possédant les mêmes caractéristiques que le nº V), mais de *surface plane.*

Ces divers matériaux ont été glissés dans des chassis en bois de dimensions telles qu'elles permettaient l'emploi de feuilles des-dits matériaux de env. 1,40 m. × 0,70 m. soit ± 1 m². (monovitres ordinaires). Chaque couche était recouverte de trois de ces chassis ce qui, grâce à des joints de caoutchouc mousse, permettait d'obtenir une étanchéité raisonnable lorsque celle-ci était désirée (1ere phase de l'essai).

Pour les trois parties de l'expérimentation, l'emplacement des couches destinées aux divers matériaux a été tiré au sort ; ainsi, l'influence du sol a été éliminée, dans une forte mesure.

Disons encore que le manque de lumière dans la couche recouverte de *Verre doublé intérieurement de polystyrène expansé* (matériau nº III) n'a pas permis une croissance suffisante des radis du premier essai. Nous nous sommes, par conséquent, vus dans l'obligation de retirer le polystyrène de la liste des matériaux étudiés ultérieurement.

L'Arrosage a fait l'objet de soins tout particuliers : lors du premier essai, toutes les couches ont reçu les mêmes quantités d'eau et ce, au même moment ; mais, comme elles étaient maintenues fermées, la nature du matériau s'est manifestée sous forme de bilans hydriques très différents : certaines couches présentaient un degré hygrométrique très élevé, tandis que d'autres accusaient un déficit presque constant et déterminaient, par le fait même, la fréquence des arrosages et leur importance respective (cf. plus loin). De prime abord, il semble que les besoins en eau dans les diverses

couches aient été plus ou moins proportionnels à la température qui a régné dans celles-ci : les matériaux du type IV (verre en double paroi) ont paru être la cause de besoins en eau plus accentués pour les radis.

Autre constatation d'une importance certaine : alors que nous n'avons observé pour ainsi dire aucune *condensation* à la partie intérieure des doubles vitrages, et que cette condensation a été relativement faible sous verre simple ou martelé (types I et II), il s'est formé, sous Polyester, un film continu d'eau, réellement curieux par son importance : formé d'abord de gouttelettes contigües mais dont il était possible de remarquer l'individualité, ce film glissait réellement le long du matériau en un ruban continu lorsque l'on soulevait le chassis ; d'ailleurs, il était possible de remarquer la forte humidité du sol dans les parties les plus basses de la couche, c'est-à-dire celles correspondant à la partie inférieure du chassis qui, rappelons-le, était incliné sur l'horizontale, d'un angle d'une quinzaine de degrés.

Dans les derniers essais, comme la clémence de la température extérieure nous a forcés à maintenir les chassis constamment « ouverts », (c'est-à-dire ne reposant directement sur les parois des couches qu'à la partie supérieure de celles-ci, et surélevées de quelques cm. dans les portions les plus basses), l'arrosage a été donné d'une manière différentielle ; nous entendons par là que les plantes ont reçu l'eau qu'elles exigeaient, et que, partant, les quantités reçues ont varié d'une couche à l'autre.

La température et le degré hygrométrique ont été constamment enregistrés par des thermohygrographes (enregistreurs Thies) réglés chaque semaine et placés, à l'abri des rayons du soleil, dans de petites « cages » de modèle calqué sur les abris météorologiques communs, «cages» utilisées déjà au cours des essais précédents dont il est fait mention en note.

Résultats des divers essais.

I. — Essais I et II sur Radis.

L'essai n° I a eu lieu du 15 mars au 19 avril 1957 et l'essai n° II, du 3 mai au 6 juin de la même année.

A. **Récolte.** — Tout le matériel faisant l'objet des pesées et mensurations a été récolté à peu près à la même heure, placé immédiatement dans des sacs de polyéthylène soigneusement fermés et contenant chacun la récolte correspondant à une couche ; sans tarder, ces sacs ont alors été placés en frigo de façon à ralentir au maximum les pertes dues aux processus physiologiques normaux entre le moment de l'arrachage et celui de la pesée. Ce délai n'a d'ailleurs jamais dépassé cinq heures.

Pour éviter l'influence de l'ombre portée par les parois verticales des couches, ainsi que celle d'un excès d'humidité dû à la condensation, très forte

dans certains cas, avons-nous dit, et ce, à la partie inférieure des couches, *nous avons éliminé*, au moment de la récolte, *tous les radis situés à moins de 30 cm. des bords inférieur et latéraux de chaque couche.*

Les plantes finalement prises en considération, c'est-à-dire celles reprises plus haut, ont alors été triées en deux catégories : celles à hypocotyle formé, quelle que soit la grosseur de celui-ci et celles ne présentant aucun hypocotyle digne de ce nom. Les plantes du premier groupe ont été pesées, d'abord dans leur entièreté, (feuilles et hypocotyles réunis), puis une fois la partie foliacée enlevée (hypocotyle seul). Les radis non tubérisés furent dénombrés et pesés en bloc. Ils figurent dans les tableaux sous le nom de rebut.

B. **Résultats obtenus.** (Cf. Tableaux I et II, pages 123 et 124.)

C. **Discussion.**

De l'étude des tableaux ci-dessus mentionnés, il ressort :

1) Que le *nombre total des plantes récoltées* donne certaines indications quant au Pourcentage de Germination. Sans toutefois nier l'importance du matériau sur ce pourcentage, nous pensons que tant de facteurs agissent sur la germination que, dans le cas présent, nous pouvons négliger l'influence du revêtement. Au cours du premier essai, cependant, la constance du pourcentage est assez marquée, davantage certes, qu'au cours du second.

2) Qu'un phénomène curieux est à noter : celui de la Constance étonnante du nombre de radis ayant formé un hypocotyle au cours du 1^er essai. Étant donné la complexité du phénomène de formation de l'hypocotyle chez cette plante, nous croyons pouvoir conclure à l'égalité de ces différents nombres et remarquer, par le fait même, *que la nature des matériaux employés ne doit jouer aucun rôle marquant dans la formation de l'hypocotyle.* Cependant, le verre simple semble légèrement plus favorable, ce qui pourrait être mis en relation avec le fait que c'est justement lui qui était le plus « transparent » des matériaux utilisés.

Au cours du second essai, les chiffres sont nettement plus variables, chose imputable, vraisemblablement, aux plus grandes différences de température entre les couches (et surtout entre le sol des couches) au moment de la germination. Signalons, cependant, que la relation entre ces facteurs n'apparaît pas clairement...

3) Que le Comportement du verre martelé coulé continue à être aussi « bizarre » que lors des essais de 1954, (dont il est fait mention plus haut). Les résultats obtenus sous ce matériau ne s'écartent pas nettement de ceux relevés sous verre simple, sauf peut-être au cours de la 1^re phase. A ce moment de l'année, la différence d'épaisseur moyenne, à l'avantage du martelé, peut expliquer dans une certaine mesure l'amélioration du rendement observée par une modification du bilan énergétique.

TABLEAU I

1er ESSAI RADIS « rouge à bout blanc »	NOMBRE de plantes récoltées (1)	POIDS TOTAL en gr.		POIDS MOYEN en gr.		POIDS MOYEN en % de celui sous verre	
		plantes entières	hypocotyles	plantes entières	hypocotyles	plantes entières	hypocotyles
1. Verre simple	74 (97) 23	618,1 35.7	400,2	8,35 1,55	5,40	100	100
2. Verre martelé	67 (89) 22	689,9 39,2	442,3	10,25 1,7	6,60	122	122
3. Double vitrage	63 (107) 44	750,3 88,5	494,4	11,30 2,—	7,84	135	145
4. Polyester PLAN	69 (100) 31	454,2 55,5	257,7	6,58 1,79	3,73	79	69
5. Polyester ondulé	68 (113) 55	593,3 113,1	328,5	8,72 2,06	4,83	104	89
6. Verre + polystyrène.	26 (96) 70	95,2 93,9	40.—	3,66 1,34	1,53	44	28

(1) Le 2e nombre correspond au « rebut » ; les nombres entre parenthèses correspondent au total.

TABLEAU II

2e ESSAI RADIS « rouge à bout blanc »	NOMBRE de plantes récoltées (1)	Poids TOTAL en gr		Poids MOYEN en gr		Poids MOYEN en % de celui sous verre		Densité des hypocotyles
		plantes entières	hypocotyles	plantes entières	hypocotyles	plantes entières	hypocotyles	
1. Verre simple	112 29 (141)	1440,9	926,4	12,86	8,27	100	100	0,97
2. Verre martelé	88 24 (112)	1173,6	725,6	13,64	8,43	106	109	0,94
3. Double vitrage	108 60 (168)	1428,6	764,2	13,22	7,07	102	85	0,96
4. Polyester PLAN	126 49 (175)	1945,1	118,7	15,43	8,87	120	107	0,95
5. Polyester ondulé.	125 41 (166)	1811,4	1088,6	14,37	8,63	112	104	0,99

(1) Le 2e nombre correspond au « rebut » ; les nombres entre parenthèses correspondent au total.

Au cours de la seconde phase, le verre martelé reste encore supérieur à la feuille de verre plane, bien que la différence (positive) ne soit guère plus significative que celle (négative) observée au cours des essais réalisés en 1954.

4) Quant au « double vitrage », il confirme les hypothèses que nous avions émises à son sujet antérieurement : lorsque la température est le facteur limitant (forçage de primeurs), ce matériau double s'avère très avantageux car il permet une diminution des pertes de chaleur, l'énergie accumulée grâce aux propriétés spéciales du verre (effet de serre) étant conservée dans une plus large mesure. Mais dès que le facteur température perd de son importance relative, c'est-à-dire dès que la culture est effectuée plus tard dans la saison, au moment où les conditions climatiques sont plus proches de celles exigées par une culture « normale » en pleine terre, le double vitrage perd de son intérêt par rapport à la couverture vitrée simple. Notons cependant que, parallèlement, cette dernière voit son avantage vis-à-vis du « plein air » disparaître de façon semblable. De toute façon, le double vitrage détermine *toujours* un écart de T° entre minimum et maximum journaliers plus faible que celui relevé sous verre simple ou verre martelé. Nous y reviendrons ultérieurement.

*
* *

Il importe encore de remarquer que les différences de comportement des matériaux vitrés par rapport aux essais de 1954 sont à imputer, pour une large part, aux conditions dans lesquelles les essais actuels furent réalisés.

En 1954, ne disposant d'aucune donnée concernant l'incidence de la nature des matériaux utilisés pour le recouvrement des plantes, nous avons voulu accentuer au maximum les différences spécifiques produites sur les végétaux par les « vitrages » utilisés, et ce, en constituant des abris dont les parois latérales étaient vitrées, contrairement à l'usage établi dans la construction des couches (voir p. 38 du rapport 1954 dont référence ci-dessus). Dans les derniers essais, nous avons utilisé des couches en briques, ainsi que décrit plus haut.

Le plus intéressant dans l'étude faisant l'objet du présent rapport, réside, nous semble-t-il, dans la Comparaison : verre — Polyester stratifié, ce dernier étant un matériau présentant maintes analogies avec le premier, mais paraissant, au spectrophotomètre, moins transparent que le verre.

1. — Comparaison des Poids Moyens des hypocotyles.

Remarquons tout d'abord :

— que, dans la première phase de l'expérimentation, les deux poylesters (plan et ondulé) se montrent inférieurs au verre, du point de vue formation des hypocotyles et souvent même croissance totale, alors que dans la deuxième phase, c'est exactement l'inverse qui se passe.

— que le comportement du polyester *ondulé* s'écarte parfois sensiblement de celui du même matériau en feuilles *planes*.

Deux hypothèses pour expliquer ces remarques sont possibles :

Première hypothèse : Les différences trouvées ne sont pas significatives, elles résultent des conditions de milieu.

Les quantités de polyester utilisées étaient insuffisantes et nos possibilités trop limitées pour faire des essais avec répétition. Nous considérions plutôt ces travaux comme essais d'orientation. Nous n'avons donc pas pu faire de tests statistiques qui nous auraient indiqué le «pourcentage de chances » pour que les différences trouvées soient significatives.

L'anormalité des populations aurait d'ailleurs rendu ces tests particulièrement délicats.

Deuxième hypothèse : Le polyester a un moins bon comportement que le verre au point de vue thermique. Le premier essai ayant eu lieu tôt au printemps, l'influence du facteur température a dû être plus marquée et permet d'expliquer les moins bons résultats obtenus par rapport au second essai.

Examinons cette hypothèse.

Le tableau 3 et la fig. 2. donnent quelques températures relevées sous les différents revètements lors de l'essai I.

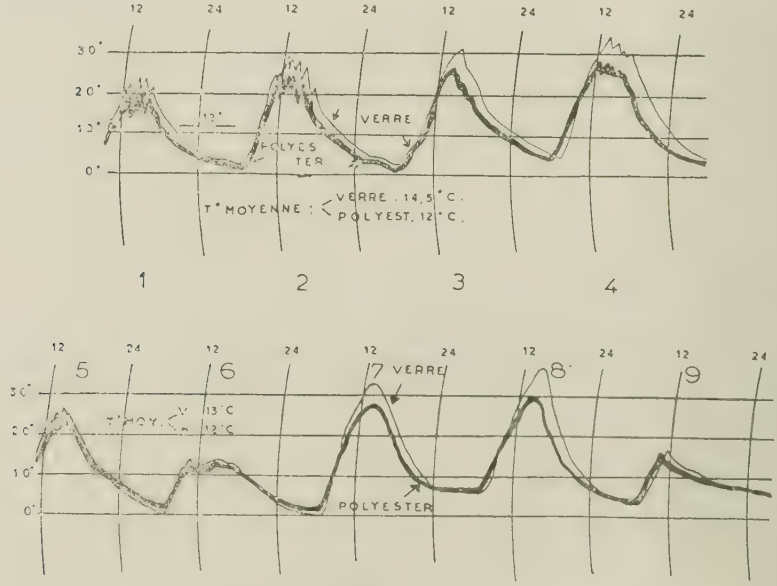


Fig. 2.

Diagrammes des températures relevées sous verre et sous polyester (dans les mêmes conditions).

TABLEAU III.

Quelques températures relevées sous les différents revêtements lors du 1er essai

Date		Verre + polystyrène	Polyester ondulé	Polyester plan	Verre ordinaire	Verre martelé	Verre double
25/3	Min.	5°	8,5°	8°	8°	7°	8°
	Max.	20°	26°	28°	33°	33°	30°
	Amplitude	15°	17,5°	20°	25°	26°	22°
26/3	Min.	5°	8,5°	8°	8°	7,5°	8,5°
	Max.	11°	15,5°	16°	16°	16,5°	15,5°
	Amplitude	6°	7°	8°	8°	9°	7°
29/3	Min.	8°	10°	10°	10°	9°	10°
	Max.	13°	16,5°	17°	18,5°	19°	18°
	Amplitude	5°	6,5°	7°	8,5°	10°	8°
31/3	Min.	1°	8°	7°	6°	6,5°	8°
	Max.	21°	26°	28°	33°	34°	30°
	Amplitude	20°	18°	21°	27°	27,5°	22°
1/4	Min.	5°	7°	7°	7°	7°	7,5°
	Max.	23°	27°	30°	35°	27°	32°
	Amplitude	18°	20°	23°	28°	30°	24°
16/4	Min.	3°	8°	7,5°	7,5°	6,5°	8,
	Max.	23°	24°	27°	32°	30°	30°
	Amplitude	20°	16°	19,5°	24,5°	23,5°	22°
17/4	Min.	3°	5°	4,5°	4,5°	4,5°	6°
	Max.	27°	26°	29°	35°	32°	32°
	Amplitude	24°	21°	24,5°	30,5°	27,5°	26°

Note : Ces températures ne peuvent servir que d'indication car elles sont avant tout fonction de l'étanchéité des couches c'est-à-dire du soin apporté par l'ouvrier chargé de l'entretien à replacer les chassis parfaitement à leur place et l'un contre l'autre.

Pour compléter ces données et avoir une idée de la quantité de chaleur totale reçue par les plantes sous le verre plan et sous le polyester plan, les courbes enregistrées sur le thermographe ont été planimétrées, ce qui nous permet d'obtenir des valeurs directement proportionnelles à la quantité de chaleur reçue dans les divers cas.

Semaine	Verre plan	Polyester plan	Différence verre-polyester
du 22/III au 29/III	123,1 cm²	124,4 cm²	+ 1,3 cm²
du 29/III au 5/IV	127,9 cm²	123,0 cm²	— 4,9 cm²
du 12/IV au 19/IV	126,0 cm³	119,6 cm²	— 6,4 cm²

Plus la saison avance, plus la surface sous verre reçoit de chaleur.

Une surface de 6 cm² représente sur le papier enregistreur du thermographe une quantité de chaleur correspondant à une élévation de température de 5° pendant 3 fois 24 heures.

On voit immédiatement que la quantité de chaleur supplémentaire obtenue sous le verre est surtout due à des maxima plus élevés. Au point de vue isolation, le polyester peut se comparer avantageusement au verre. Les températures minima observées sous polyester sont presque toujours supérieures à celles obtenues sous verre simple ou martelé et égales ou à peine inférieures aux températures enregistrées sous verre double.

La diminution des températures maxima sous le polyester est probablement due à son manque relatif de transparence aux rayons visibles et infrarouges courts. Mais pour les infra-rouges longs, il est au moins aussi imperméable que le verre.

Les rendements étant, dans le premier essai, meilleurs sous verre, il est possible que la différence soit due aux maxima plus élevés ou à la quantité de chaleur reçue plus grande que sous polyester. Dans l'état actuel des connaissances sur la physiologie et l'écologie du radis, il est difficile de se prononcer.

Nous constatons qu'entre les différents types de verre d'une part, et les différents types de polyesters d'autre part, les rendements s'accroissent, (mais le nombre de rebuts aussi), quand l'amplitude des variations de température diminue.

La différence de rendement entre les deux polyesters peut, nous semble-t-il, s'expliquer par une isolation un peu meilleure de l'ondulé (l'air étant moins mobile que sur une surface lisse) et par des maxima moins élevés dus à une moins bonne pénétration, sous l'ondulé aussi, des rayons solaires ; l'amplitude des variations est donc moins grande. Par conséquent, les résultats du 1^er essai, au cours duquel la température était déterminante, ont été meil-

leurs sous l'ondulé ; tandis que pour les essais suivants, l'influence de la lumière était déterminante, et les résultats sous l'ondulé ont été moins bons.

Un des facteurs qui peut avoir influencé la différence de rendement entre les deux groupes de matériaux, verre d'une part et polyester d'autre part, semble être le *taux d'humidité relative* ; comme au cours du premier essai, il est évidemment fonction directe de la température de l'air, car l'atmosphère était confinée, et l'apport d'eau (arrosage) identique.

Voici quelques taux d'humité relative :

Date	verre	polyester	verre + polystyrène
31/3	60%	82%	90%
1/4	70%	90%	92%

En Conclusion : La pénétration des rayons solaires est moins grande sous le polyester.

Pour le radis, la diminution de lumière ne semble pas jouer de rôle directement, mais bien indirectement : les températures étant moins élevées, ce qui augmente sensiblement le taux d'humidité relative en atmosphère confinée.

Les résultats du 2e essai ne peuvent nous donner aucune indication au point de vue de l'influence de la température. Cet essai nous prouve cependant que la lumière passant à travers le polyester est suffisante au développement normal des plantes de-radis à cette époque de l'année.

2. — Développement foliacé.

Il est intéressant de voir la répartition entre feuilles et hypocotyle suivant la couverture utilisée.

Rapport hypocotyle / feuilles

matériau	1er essai	2e essai
1. Verre simple	0,64	0,64
2. Verre martelé	0,64	0,61
3. Double vitrage	0,69	0,53
4. Polyester plan	0,56	0,57
5. Polyester ondulé	0,55	0,60

Les polyesters semblent favoriser la formation des feuilles, mais lors du second essai, ce phénomène a lieu également avec le double vitrage.

3. — Répartition des radis suivant leur poids.

Les moyennes ne renseignent que d'une manière très approximative. La répartition n'étant pas normale, il nous a paru plus simple de donner les courbes de répartition en classe.

1^er Essai : Les diagrammes du 1^er essai (Fig. 3) nous montrent la *très mauvaise répartition des radis sous polyester.* Le sommet très net de la courbe se manifeste pour des poids très faibles : 1,5 gr. pour le polyester plan et 2,5 gr. pour le polyester ondulé comparativement à 5,5 gr. pour le verre.

Ces résultats confirment les chiffres des moyennes et le meilleur comportement du polyester ondulé par rapport au polyester plan.

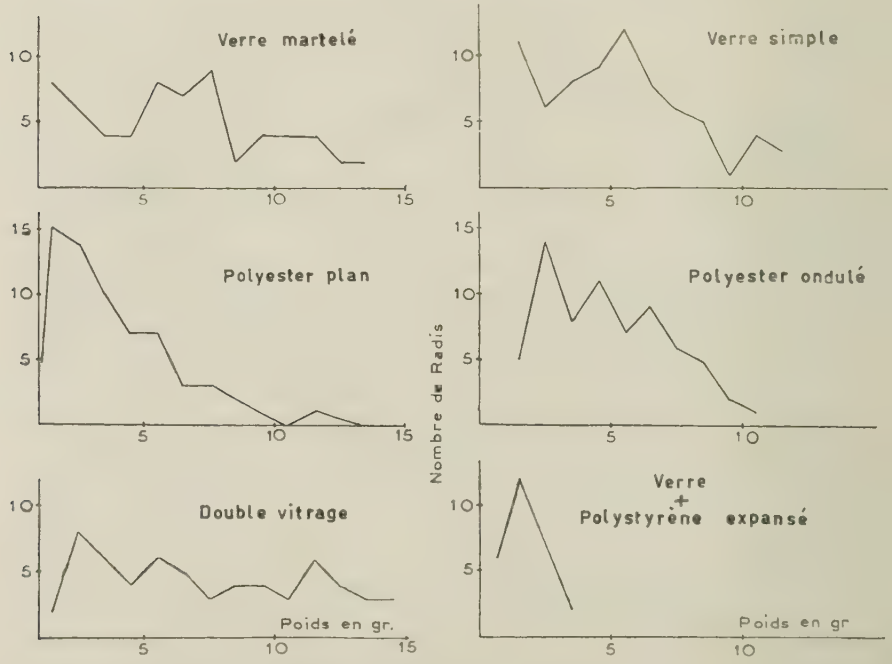


Fig. 3 — Répartition de nombre des radis suivant le poids de leur hypocotyle — Essai I.

Les courbes de répartition des radis récoltés sous verre ont une allure semblable, sauf celle du verre double pour laquelle la répartition est très étalée.

La courbe de répartition des radis récoltés sous verre doublé de polystyrène expansé a la même allure que celle des polyesters et nous montre la combinaison de l'influence des facteurs humidité relative élevée, faibles variations de température et probablement lumière insuffisante, c'est-à-dire les caractéristiques du polyester très accentuées.

2e Essai : Les courbes des diagrammes du 2e essai (Fig. 4) sont fort dissemblables : Il est délicat de tirer une conclusion de ces graphiques.

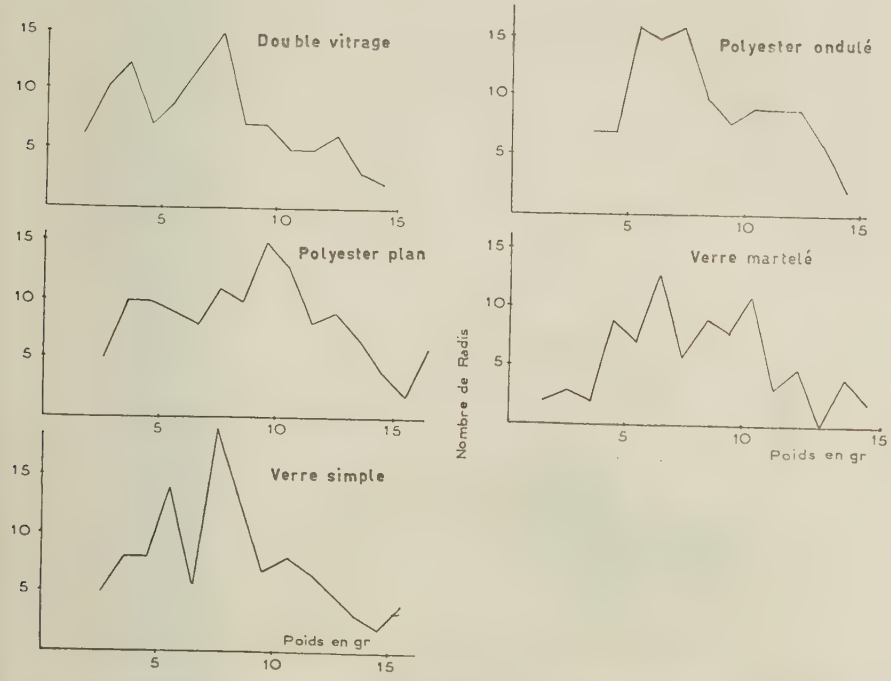


Fig. 4. — Répartition du nombre de radis, suivant le poids de leur hypocotyle. — Essai II.

***

II. — Essai III sur Haricots.

(Ces Haricots ont occupé les couches du début juin 1957 à la fin août de la même année).

Résultats.

Le tableau 4 nous donne les résultats obtenus sous les différents matériaux ainsi que les poids moyens des gousses.

Si nous ne tenons pas compte de l'influence du matériau sur le pouvoir germinatif (avec les mêmes restrictions que pour les radis), nous obtenons le tableau suivant dans lequel les poids ont été obtenus en multipliant le poids moyen des gousses par le nombre de gousses ramenées à 100 plantes :

TABLEAU IV

Résultats du 3e essai.

Matériau	Nombre de plantes	Nombre de gousses formées	Poids total des gousses formées (en kg)	Poids moyen des gousses formées (en gr)	Nombre de gousses aiguilles (en kg)	Poids total des gousses aiguilles (en kg)	Poids moyen des gousses aiguilles (en gr)	Poids total de la récolte (en kg)	Poids des plantes	Rapport Poids plantes sur poids récolte
1. Verre simple	44	519	2,752	5,30	87	0,169	1,94	2,925	1,879	0,64
2. Verre martelé	52	564	2,741	4,85	107	0,206	1,93	2,947	1,670	0,56
3. Verre double	48	450	2,215	4,92	87	0,166	1,90	2,381	1,268	0,53
4. Polyester plan	46	449	2,178	4,85	81	0,169	2,08	2,340	1,507	0,64
5. Polyester ondulé	50	508	2,308	4,56	85	0,132	1,59	2,440	1,515	0,61

Tableau V.

Matériau	%	Nombre de plantes	Nombre de gousses formées	Poids des gousses formées (en kg)	Nombre de gousses aiguilles	Poids des gousses aiguilles (en kg)	Poids total (kg)
Verre simple	100	100	1179	6,251	197	0,382	6,633
Verre martelé	85,3	100	1084	5,267	205	0,395	5,662
Verre double	74,6	100	937	4,611	181	0,343	4,954
Polyester plan	76,8	100	976	4,733	176	0,366	5,039
Polyester ondulé	73,8	100	1016	4,634	166	0,263	4,897

Discussion.

Pour le haricot, le *verre simple est très nettement supérieur.* Les essais futurs montreront la confiance que l'on peut accorder à ces résultats. S'ils se confirment, il faudra essayer de voir pourquoi le verre double et le polyester présentent un comportement à peu près identique et une chute de rendement de l'orde de 25 % vis-à-vis du verre.

Les meilleurs résultats obtenus sous polyester plan confirment les conclusions des premiers essais : au point de vue pénétration de la lumière, le polyester plan est supérieur.

Conclusions

Le doublage du verre par du polystyrène expansé s'est montré dans les conditions de nos essais tout à fait défavorable.

Il est possible cependant que dans certaines conditions, exceptionnellement, il puisse être intéressant, mais cela n'apparaît guère probable.

Les températures enregistrées sous polyester, comparées à celles obtenues sous verre, montrent un comportement très favorable, à notre avis, du polyester.

L'isolation est bonne, peut-être supérieure à celle du verre. La diffusion de la lumière ou l'imperméabilité plus grande aux infra-rouges courts et la différence d'épaisseur pour un coefficient de passage de la chaleur de valeur à peu près comparable empêchent la température de monter trop haut quand le soleil est au zénith. On peut considérer ceci comme un avantage pour le recouvrement des serres, car, par temps ensoleillé, ces constructions enregistrent souvent, sous verre, des maxima trop élevés qu'il importe de combattre par l'ombrage, les arrosages et les bassinages. Par contre, en hiver ou au premier printemps, la perte de lumière peut être défavorable à certaines cultures.

N'oublions cependant pas que le vitrage des serres est rarement tout à fait clair et les pertes de lumière peuvent être très considérables. L'aptitude du polyester à rester propre ou à être lavé à moindre frais pourra se révéler déterminante.

Le polyester plan est probablement meilleur que le même matériau ondulé.

Les rendements des radis sont très encourageants, ceux des haricots le sont beaucoup moins. Grâce à la constitution du Centre d'Essais des Polyesters stratifiés en Horticulture (C.E.P.E.H.) nos essais se poursuivent sur une échelle plus importante et leurs résultats nous permettront de confirmer ou d'informer les conclusions de ce travail.

STATION DE RECHERCHES, DE L'ÉTAT
POUR L'AMÉLIORATION DES PLANTES DE GRANDE CULTURE
A GEMBLOUX.

Mutations induites par rayons X chez " Triticum aestivum L. „ (*)

(1re Note)

par L. Noulard.

Les méthodes d'amélioration des plantes autogames et spécialement des céréales ont évolué rapidement au cours des deux dernières décades. La sélection dans des races de pays ou des populations artificielles obtenues après croisement simple fait place de plus en plus aux méthodes modernes du croisement intraspécifique complexe (rétrocroisement simple ou répété, croisement triple, croisement de F 1, amélioration par convergence), du croisement interspécifique ou intergénérique et de la mutagénèse induite.

Les travaux des chercheurs suédois (Gustafsson et collaborateurs) sur les mutations provoquées chez l'orge d'été par différents agents physiques ou chimiques et spécialement par les rayons X ont attiré l'attention de tous les sélectionneurs de céréales sur l'intérêt de cette méthode. Il est dès lors assez étonnant que le froment, céréale d'un grand intérêt économique, n'ait fait l'objet que de relativement peu de travaux récents dans le domaine de la mutation provoquée. On peut citer ceux de :

Froier (1946).
Gustafsson (1947).
Oltmann (1950).
Arnason, Person et Naylor (1952).
Mac Key (1954).

(*) Déposé à la rédaction le 5 mars 1958.

Les premières recherches sur la mutation induite par rayons X chez le froment (*Triticum aestivum L.*) furent effectuées à Gembloux en 1954 ; le but de la présente note est de résumer les premiers résultats obtenus à la suite des observations de 1955 et 1956.

I. — Matériel et méthodes.

L'appareil à rayons X utilisé jusqu'en 1956 possédait les caractéristiques suivantes : fenêtre en beryllium, pas de filtre, 30 KV, 25mA, 1000 r/minute à 29 cm du foyer. Les graines choisies pour le traitement sont prélevées dans un lot de semences de la classe la plus pure pour les variétés de notre Station et dans un lot de semences pures fourni directement par l'obtenteur pour les variétés étrangères. Le lot à traiter est calibré au tamis de 2,8 mm et possède une teneur en eau d'environ 13,0 %, qui est déterminée avec précision pour chaque lot. Les traitements sont effectués sur des groupes de 50 graines, rangées sur sable dans une boite de Pétri de 60 mm de diamètre, les embryons étant tournés vers la source.

Les semis en champ ont lieu dans les conditions normales pour le froment de printemps, à une densité de 50 graines par ligne de 1m50 de longueur, l'interligne étant de 20 cm.

La génération X 1 est étudiée plante par plante ; la génération X 2 se compose de descendances de plantes, chaque descendance d'épi étant semée séparément.

Le matériel plante étudié comprenait en génération X 2 : en 1956 : 940 descendances de plantes et 2.350 descendances d'épis ; en 1957 : 1450 descendances de plantes et 5.650 descendances d'épis.

Il nous paraît nécessaire d'indiquer l'origine des variétés de froment de printemps utilisées dans ces recherches, en insistant sur le fait que toutes sont des variétés améliorées obtenues par croisement et dont la mise sur le marché est récente. Ce fait est important car l'obtention de mutations de valeur pratique ne peut être espérée qu'en partant de variétés très productives.

Jufy I et II : origine : croisement Jubilé x Fylgia (de printemps) ; mise en culture : 1955 ; obtenteur : Station d'Amélioration des Plantes, Gembloux.

Fylby : origine : croisement Jubilé x Fylgia (de printemps) ; mise en culture : 1955 ; obtenteur : Station d'Amélioration des Plantes, Héverlé-lez-Louvain.

Aubers : origine : croisement Aurore x Bersée ; mise en culture : 1954 ; obtenteur : Firme Lepeuple à Bersée (Nord) France.

Peko : origine : croisement Peragis x Heines Kolben ; mise en culture : 1947 ; obtenteur : Firme Heine à Schnega (Allemagne).

II. — RECHERCHES PRÉLIMINAIRES.

La variété Jufy I (poids de 1000 graines : 47,5 gr, teneur en eau 13,0 %), fut choisie pour une étude préliminaire de l'influence de la radiation sur la vitalité des plantules X 1 et traitée à des doses croissantes allant de 10.000 à 100.000r. Pour chaque traitement, un groupe de 50 graines fut mis en germination en bac sur sable humide dans des conditions standardisées de température (20° C) et d'éclairage, analogues à celles décrites par MOËS (9) pour le « test de croissance » sur les orges d'été. Les résultats de ce premier test (Tableau I) permettant de tirer les conclusions suivantes :

a) Le taux de germination n'est pas utilisable pour caractériser le dégât dû au traitement ; si on entend par germination l'apparition du coléoptile, de la première feuille et des pointes de racines, la dose la plus forte utilisée (100.000r) ne réduit pas le taux de germination d'une manière notable ;
b) Le coléoptile réagit beaucoup moins que la première feuille ;
c) La longueur de la première feuille mesurée à partir du grain décroît très rapidement en fonction de la dose utilisée ; les différences entre traitements successifs sont statistiquement significatives jusque 40.000r ; la longueur de la première feuille ne varie pratiquement plus de 40.000 à 100.000r.

TABLEAU I

Froment « JUFY I » après 8 jours de germination.

Traitement	Longueur en mm.		Valeurs relatives	
	1re feuille	coléoptile	1re feuille	coléoptile
Témoin	125.3±8.90	22.6±1.30	100.0	100.0
10.000r	95.0±6.40	22.9±1.06	75.8	77.4
20.000r	48.5±3.80	17.6±0.20	38.7	59.4
30.000r	23.0±2.20	14.5±0.50	18.3	49.0
40.000r	10.9±0.62	12.4±0.46	8.7	41.9
50.000r	11.0±0.49	13.7±0.34	8.8	46.3
60.000r	10.2±0.44	13.1±0.37	8.1	44.2
70.000r	11.4±0.43	14.9±0.79	9.1	50.3
80.000r	10.7±0.44	14.4±0.40	8.5	48.6
90.000r	10.9±0.45	15.4±0.33	8.7	52.0
100.000r	11.0±0.48	14.0±0.46	8.8	47.3

A la suite de ces premières constations, une nouvelle série de traitements fut réalisée sur le même froment à des doses plus faibles, de 2.500 à 40.000r (Tableau II).

TABLEAU II

Froment « JUFY I » après 6 jours de germination.

Traitement	Longueur en mm.		Valeurs relatives	
	1re feuille	coléoptile	1re feuille	coléoptile
Témoin	83.2±2.28	34.5±0.83	100.0	100.0
2.500r	90.1±2.25	35.3±2.15	108.3	102.3
5.000r	90.6±1.66	34.8±0.55	108.9	100.9
10.000r	76.5±2.43	30.0±0.67	91.9	86.9
15.000r	50.5±2.35	24.3±0.63	60.7	70.4
20.000r	37.3±2.16	21.7±0.51	44.8	62.9
25.000r	22.7±0.99	18.3±0.39	27.3	53.0
30.000r	18.1±0.96	17.7±0.34	21.7	51.3
35.000r	14.3±0.62	16.1±0.29	17.2	46.7
40.000r	12.9±0.47	15.9±0.30	15.5	46.1

Les résultats du test de croissance de cette série montrent qu'il faut atteindre la dose de 10.000 r pour obtenir une réduction significative de la longueur de la première feuille par rapport au témoin non traité et que les traitements de 2.500 et 5.000 r paraissent exercer une action légèrement favorable sur le premier développement des plantules. La diminution de la longueur de la première feuille est statistiquement significative entre deux traitements successifs de 10.000 à 35.000 r. Les observations ultérieures ont démontré que la dose limite déterminant une percée nulle en plein champ est inférieure à 35.000 r.

III. — Étude des générations X 1.

Le matériel X 1 utilisé pour cette étude comprenait en 1955 les variétés Jufy I (2.950 graines traitées de 5.000 à 35.000 r) et Peko (1200 graines traitées de 10.000 à 30.000 r) ; en 1956, les variétés Jufy II (950 graines traitées de 5.000 à 20.000 r), Aubers (1.000 graines traitées de 5.000 à 25.000r) et Fylby (950 graines traitées de 5.000 à 20.000 r).

A. — *Taux de levée et taux de plantes récoltées* (Tableau III).

Afin d'éviter toute source d'erreur, les lots de semences choisis en vue du traitement étaient soigneusement contrôlés aux points de vue de leur capacité germinative et de leur énergie germinative ; seuls des lots de bonne valeur furent utilisé.

La percée en champ des semences traitées par rayons X dépend non seulement du dégât global dû à la radiation mais également de facteurs accessoires (état du sol, climature après le semis) dont l'action peut être établie

TABLEAU III

Taux de levée et taux de plantes récoltées en génération X I.

Variété et traitement	Nombre de grains semés	Nombre de plantes levées	Nombre de plantes récoltées	Taux de levée	Taux de plantes récoltées	Plantes récoltées en % de plantes levées
JUFY I (1955)						
Témoin	500	336	—	67.2	—	—
5.000r	250	180	170	72.0	68.0	94.4
10.000r	300	219	163	73.0	54.3	74.4
15.000r	450	150	83	33.3	18.4	55.3
20.000r	600	41	17	6.8	2.8	41.5
25.000r	550	0	0	0.0	0.0	—
30.000r	700	0	0	0.0	0.0	—
35.000r	100	0	0	0.0	0.0	—
PEKO (1955)						
Témoin	500	416	—	83.2	—	—
10.000r	300	267	204	89.0	68.0	76.4
20.000r	400	142	96	35.5	24.0	67.6
30.000r	500	15	7	3.0	1.4	46.7
JUFY II(1956)						
Témoin	500	415	265	83.0	53.0	63.8
5.000r	250	206	135	82.4	54.0	65.5
10.000r	300	236	134	78.7	44.7	56.8
15.000r	300	131	106	43.7	35.3	80.9
20.000r	100	0	0	0.0	0.0	—
AUBERS(1956)						
Témoin	500	422	280	84.4	56.0	66.3
5.000r	250	198	121	79.2	48.4	61.1
10.000r	300	224	135	74.7	45.0	60.3
15.000r	250	114	102	45.6	40.8	89.5
20.000r	100	7	7	7.0	7.0	(100.0)
25.000r	100	0	0	0.0	0.0	—
FYLBY (1956)						
Témoin	500	424	280	84.8	56.0	66.0
5.000r	250	222	165	88.8	66.0	74.3
10.000r	300	225	162	75.0	54.0	72.0
15.000r	300	124	92	41.3	30.7	74.2
20.000r	100	14	10	14.0	10.0	71.4

et éliminée grâce à la comparaison avec le témoin non traité semé avec chacune des séries.

Il existe probablement d'autres facteurs responsables d'une radiosensibilité différente des variétés ; facteurs variétaux proprement dits ou facteurs variétaux liés à la grosseur des grains où à l'importance du volume de l'embryon.

Froier et Gustafsson [3] ont mis en évidence le fait que l'accroissement de la taille de la semence et parallèlement de la taille de l'embryon provoquent une meilleure germination et une croissance plus vigoureuse après traitement aux rayons X sauf pour la dose la plus forte utilisée.

Nos comparaisons effectuées, non pas sur différentes fractions d'un même lot, mais sur des variétés différentes confirment pour la dose de 20.000r un taux de percée nettement meilleur et une meilleure croissance pour la variété à gros grains (Peko) par rapport à trois variétés à grains moyens (Aubers, Jufy I, Jufy II). Les différences observées à l'intérieur du groupe des variétés de même poids de 1000 grains nous paraissent suffisantes pour pouvoir admettre des différences variétales de radiosensibilité.

Variété	Poids de 1000 grains	Fraction du tamis	*Longueur de la 1re feuille après 7 jours*		
			Témoin	10.000r	20.000r
Aubers	47,5	2.8mm	94.3±0.88m(100)	63.7±1.67mm(67.5)	25.2±1.16mm(26.7)
Jufy II	47,5	2.8mm	95.1 ± 2.26m(100)	65.4±2.00mm(68.8)	15.7±0.47mm(16.5)
Jufy I	47,5	2.8mm	83.2±2.28mm(100)	76.5±2.43mm(91.9)	37.3±2.16mm(44.8)
Peko	53.0	2.8mm	110.9±4.04mm(100)	87.8±3.38mm(79.2)	55.7±3.47mm(50.2)
			Taux de percée en champ		
			Témoin	10.000r	20.000r
Aubers	47.5	2.8mm	84.4(100)	74.7(88.5)	7.0(8.3)
Jufy II	47.5	2.8mm	83.0(100)	78.7(94.8)	0.0(0.0)
Jufy I	47.5	2.8mm	67.2(100)	73.0(109.5)	6.8(10.1)
Peko	53.0	2.8mm	83.2(100)	89.0(107.0)	35.5(42.6)

L'examen de la relation existant entre les valeurs obtenues dans le test de croissance et le taux de percée en champ montre que, pour l'ensemble des variétés la limite de percée 0 % est atteinte pour une valeur *moyenne* du test de croissance d'environ 20 % du témoin, correspondant à une dose d'environ 25.000 r.

La comparaison entre les taux de levée et les taux de plantes récoltées, c'est-à-dire les plantes récoltées exprimées en pour cent les plantes levées,

permet de voir dans quelle mesure les traitements sont responsables de la disparition d'une partie des plantes en cours de végétation. Les chiffres repris au tableau III mettent en évidence l'influence très nette des conditions de l'année sur le phénomène : en 1955, cet indice diminue régulièrement en fonction de l'accroissement de la dose aussi bien pour Jufy I (de 94.4 à 41.5 %) que pour Peko (de 76.4 à 46.7 %) ; par contre, en 1956, une telle diminution ne fut pas constatée.

Le test de croissance permet de déterminer non seulement la limite létale du traitement mais également l'importance du matériel à traiter pour obtenir un nombre suffisant de plantes en génération X 1. En effet, la comparaison des courbes « test de croissance » et « taux de survie » (à la maturité) montre que les taux de survie restent généralement supérieurs à ceux relatifs de la courbe du test de croissance. Comme exemple, nous reproduisons ci-dessous les valeurs obtenues pour la variété Jufy II en 1956.

Traitement	Test de croissance	Taux de plantes récoltées	Valeurs relatives	
			Test de croissance	Taux de plantes récoltées
Témoin	95.1 ± 2.26mm	53.0%	100 0	100.0
5.000r	92.9 ± 2.46mm	54.0%	67.7	101.9
10.000r	65.4 ± 2.00mm	44.7%	68.8	84.3
15.000r	22.0 ± 0.83mm	35.3%	23.1	66.0
20.000r	15.7 ± 0.47mm	0.0%	16.5	0.0
25.000r	11.5 ± 0.31mm	0.0%	12.1	0.0

B. — *Caractéristiques des plantes de la génération X 1* (Tableau IV).

1. — Nombre d'épis par plante.

Le nombre moyen d'épis par plante est un caractère fluctuant largement soumis aux influences du milieu ; chez un froment normal, le nombre d'épis par plante tend à augmenter en fonction de la diminution de la densité du peuplement. Le taux de tallage/épi des variétés traitées est inférieur à celui du témoin dans les deux tiers des cas, ce qui semble indiquer que les plantes dérivant de graines traitées ne compensent pas la diminution de densité par une augmentation du nombre d'épis dans la même mesure que les plantes normales. Dans ces essais, la valeur du nombre d'épis par plante est cependant trop irrégulière pour fournir une caractéristique valable de l'influence du traitement.

TABLEAU IV.

Caractéristiques des plantes récoltées en génértaion X 1.

Variété et traitements	Nombre de plantes	Nombre d'épis par plante	Valeurs relatives	Nombre d'épis	Nombre d'épilets par épi	Valeurs relatives	Nombre de grains par épi	Valeurs relatives	Fertilité par plante en graines épillet	Valeurs relatives
PEKO (1955)										
Témoin	100	4.14±0.19	100.0	414	17.3±0.10	100.0	25.8±0.27	100.0	1.49±0.01	100
10.000r	204	2.86±0.11	69.1	583	15.1±0.09	87.3	21.2±0.21	82.2	1.40±0.01	93.9
20.000r	96	3.32±0.22	80.2	312	16.0±0.15	92.5	19.8±0.36	76.7	1.19±0.02	79.9
30.000r	7	4.57	110.4	32	16.5±0.46	95.4	18.9±1.32	73.2	1.09±0.31	73.1
JUFY I (1955)										
Témoin	100	3.34±0.31	100.0	334	15.9±0.09	100.0	43.9±0.66	100.0	2.74±0.03	100.0
5.000r	168	2.73±0.10	81.7	399	15.2±0.09	95.6	37.9±0.52	86.3	2.47±0.03	90.1
10.000r	160	2.78±0.13	83.2	357	14.5±0.09	91.2	34.5±0.52	78.6	2.33±0.03	85.0
15.000r	83	4.22±0.31	126.3	207	14.4±0.15	90.6	26.6±0.73	60.6	1.80±0.05	65.7
20.000r	17	(3.18±0.59)	(95.2)	54	13.8±0.29	86.8	20.7±1.37	47.1	1.38±0.13	50.4
JUFY II (1956)										
Témoin	100	4.05±0.22	100.0	405	14.7±0.10	100.0	31.8±0.54	100.0	2.08±0.03	100.0
5.000r	135	3.88±0.17	95.8	524	15.0±0.09	102.0	32.8±0.44	103.1	2.11±0.03	101.4
10.000r	131	4.24±0.21	104.7	555	14.5±0.09	98.6	32.2±0.46	101.2	2.22±0.03	106.7
15.000r	106	3.20±0.19	79.0	337	15.2±0.13	103.4	26.7±0.71	84.0	1.73±0.05	83.2
AUBERS (1956)										
Témoin	102	4.00±0.21	100.0	405	16.6±0.09	100.0	26.4±0.46	100.0	1.51±0.03	100.0
5.000r	121	4.20±0.20	105.0	508	16.8±0.09	101.2	27.6±0.46	104.5	1.66±0.03	109.9
10.000r	135	3.81±0.20	95.2	515	16.7±0.09	100.6	29.6±0.51	112.1	1.73±0.03	114.6
15.000r	102	3.27±0.21	81.7	334	15.9±0.14	95.8	21.3±0.80	80.7	1.17±0.01	77.5
20.000r	7	(4.14)	(103.5)	(29)	(12.9)	(77.7)	(2.6)	(9.8)	(0.23)	(15.2)
FYLBY (1956)										
Témoin	100	4.11±0.22	100.0	411	16.0±0.07	100.0	31.8±0.40	100.0	1.93±0.03	100.0
5.000r	165	3.77±0.15	91.7	622	16.2±0.06	101.2	32.9±0.35	103.4	1.97±0.02	102.1
10.000r	162	3.68±0.16	89.5	591	16.3±0.07	101.9	33.8±0.42	106.3	2.05±0.03	106.2
15.000r	92	4.31±0.29	104.9	387	17.2±0.12	107.5	29.0±0.64	91.2	1.65±0.04	85.5
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	17.1±0.29	106.9	23.9±2.03	75.1	1.44±0.13	74.6

2. — Nombre d'épillets par épi.

Le nombre moyen d'épillets par épi a été déterminé sans tenir compte des épillets stériles qui se trouvent normalement à la base de la plupart des épis. En 1955, le nombre d'épillets par épi est dans tous les cas inférieur à celui des témoins non traités ; par contre, en 1956, la valeur de cette caractéristique est dans 8 cas sur 10 supérieure à celle du témoin.

3. — Nombre de graines par épi.

L'examen des chiffres « nombre de graines par épi » met en évidence l'influence de l'année : (diminution en fonction de la dose en 1955, augmentation aux faibles doses en 1956) et l'influence variétale en 1955 (diminution beaucoup plus forte pour une même dose chez la variété Jufy I que chez Peko).

4. — Fertilité.

La fertilité est généralement exprimée en grains pour cent fleurs dans les travaux sur orge. Chez le froment, chaque épillet comporte un nombre de fleurs variable et peut contenir jusque 4 ou 5 grains chez les variétés les plus fertiles. Mac Key (6) analysait la fertilité du froment sur la base de la 1re et de la seconde fleur, les fleurs d'ordre supérieur étant normalement stériles. Certaines variétés améliorées sont cependant caractérisées par une fertilité épillet élevée et il nous paraît logique de considérer l'épillet comme un tout et d'exprimer la fertilité en nombre moyen de grains par épillet, ce qui présente, en outre, l'avantage d'un travail plus rapide. Les deux méthodes furent comparées en 1955 pour deux variétés et elles donnent des résultats relatifs très proches ainsi qu'il ressort des éléments du tableau ci-dessous.

Variété	Traitement	Fertilité exprimée en graines par épillet	
		calculée sur 1re et 2e fleur	calculée sur l'épillet
Peko	Témoin	1.43 (100.0)	1.49 (100.0)
	10.000r	1.33 (93.0)	1.41 (94.6)
	20.000r	1.13 (79.0)	1.24 (83.2)
	30.000r	1.07 (74.8)	1.14 (76.5)
Jufy I	Témoin	1.89 (100.0)	2.76 (100.0)
	5.000r	1.80 (95.2)	2.49 (90.2)
	10.000r	1.69 (89 4)	2.38 (86.2)
	15.000r	1.29 (68.2)	1.85 (67.0)
	20.000r	1.08 (57.1)	1.50 (54.3)

Il convient de noter que ces chiffres ont été obtenus par calcul sur les moyennes grains et épillets par traitement, tandis que les chiffres du tableau IV représentent les moyennes de fertilité calculées par plante et sont légèrement inférieurs, les plantes à faible tallage et souvent moins fertiles intervenant pour une plus grande part dans la moyenne.

Les chiffres du tableau IV permettent de conclure à une *influence très nette de l'année sur l'évolution de la fertilité en fonction de la dose appliquée* : en 1955, les fertilités décroissent régulièrement en fonction des doses appliquées ; en 1956, par contre, les fertilités restent, pour les trois variétés, supérieures à celle du témoin aux doses de 5.000 et 10.000r et ne diminuent qu'à partir de 15.000r. Au point de vue statistique, le calcul de la signification des différences donne le résultat suivant :

a) En 1955 : les fertilités des deux variétés sont significativement inférieures à celle du témoin pour tous les traitements ;

b) En 1956 : l'augmentation de fertilité pour le traitement de 5.000r n'est significative que pour la variété Aubers ; elle est significative pour les trois variétés au traitement 10.000r ; la diminution de fertilité à 15.000r est significative pour les trois variétés.

L'influence variétale, peu marquée en 1956, *est nette en* 1955 : la fertilité relative à 20.000r est de 50,4 % pour Jufy I contre 79,9 % pour Peko.

L'examen des relations existant entre la fertilité des plantes X 1 et les valeurs des tests de croissance montre que ce test ne permet pas de prévoir avec une approximation suffisante les réactions de fertilité des plantes à la suite des traitements. La concordance très bonne entre les deux courbes pour la variété Jufy I en 1955, ne l'est plus en 1956 ainsi qu'il ressort de la comparaison suivante :

		Valeurs relatives de la fertilité en X 1	Valeurs relatives du test de croissance
Jufy I (1955)	Témoin	100.0	100.0
	5.000r	90.1	108.9
	10.000r	85.0	91.9
	15.000r	65.7	60.7
	20.000r	50.4	44.8
Aubers	Témoin	100.0	100.0
	5.000r	109.9	90.4
	10.000r	114.6	67.5
	15.000r	77.5	39.5
	20.000r	(15.2)	26.7

Il reste cependant que l'application au froment du test de croissance tel qu'il fut préconisé pour l'orge par Moës (9) s'est avérée fructueuse comme moyen d'étude rapide du dégât global dû à la radiation et pour déterminer avant traitement la limite létale des doses à appliquer.

5. — Anomalies observées en génération X 1.

Les embryons des grains traités par rayons X étant constitués d'un très grand nombre de cellules, les plantes X 1 présenteront au départ un caractère chimère plus ou moins accentué qui pourra être atténué au cours de la végétation par suite de la compétition intrasomatique éliminant une partie des secteurs mutés. Les mutations morphologiques dominantes induites par les traitements peuvent donc être visibles dès la génération X 1, bien que les chimères ainsi créées en rendent parfois la détection assez difficile.

Mac Key (6) a signalé la présence sur les plantes de la première génération du froment de printemps Rival traité par rayons X de chimères speltoïdes (4,4 %) de plantes à épillets supplémentaires (0,2 %) et d'épis bifurqués (0,1 %).

Dans nos recherches, nous n'avons détecté aucune anomalie sur les générations X 1 récoltées en 1955 ; en 1956, par contre, un taux très élevé d'anomalies fut noté, spécialement après traitement aux fortes doses. Les anomalies comprenaient les types suivants :

a) *Speltoïdes* : chimères intéressant quelques épillets, chimères intéressant tout un côté de l'épi et épis speltoïdes : un ou plus rarement deux épis speltoïdes sur une plante dont les autres épis étaient normaux.
b) *Épis lâches* : des épis beaucoup plus lâches que le type furent classés comme anomalie ; il peut s'agir de fluctuations dues aux conditions de milieu ; cependant, le classement de ces types comme anomalies nous paraît justifié quand les autres épis de la même plante sont normaux.
c) *Épis compacts* : 3 épis nettement plus compacts que le type normal furent trouvés sur des plantes présentant d'autres anomalies.
d) *Épis avec épillets supplémentaires* : ces épis furent surtout trouvés dans la variété Aubers ; la tendance à former des épillets supplémentaires est une caractéristique variétale.
e) *Épis bifurqués* : 2 épis de ce genre furent trouvés dans la variété Aubers, traitée à 10.000r.

Le détail des anomalies observées est fourni au tableau V. Avant de commenter ce tableau, il nous paraît cependant nécessaire de souligner le fait que les 3 variétés utilisées pour cet essai sont des variétés de création récente, obtenues par croisement froment d'hiver x froment de printemps et chez lesquelles le taux naturel de mutation est élevé, ainsi qu'il ressort de l'examen des parcelles témoins :

Aubers : sur 100 plantes, 2 présentaient des épis speltoïdes (3 épis sur 10) ;
Fylby : sur 100 plantes, 1 présentait 2 épis sur 6 avec chimères speltoïdes ;
Jufy II : sur 100 plantes examinées, il ne fut pas détecté de speltoïdes ; cependant, l'expérience acquise au cours du travail de sélection en lignées pour la reconstitution annuelle de noyaux purs de

semences de cette variété, indique que les mutations speltoïdes y sont assez fréquentes : en 1955, il y fut trouvé des speltoïdes dans 0,8 % et en 1956 dans 0,5 % des descendances d'épis.

Il est spécialement intéressant de noter chez que 10 plantes différentes, deux types d'anomalies existaient *sur la même plante, à coté d'épis normaux* :

6 plantes : épi speltoïde + épi lâche ;
1 plante : épi speltoïde + épi avec épillet supplémentaire ;
1 plante : épi compact + épi speltoïde ;
1 plante : épi compact + épi lâche ;
1 plante : épi compact + épi avec épillets supplémentaires.

Les chiffres repris au tableau V font ressortir un fait qui, à notre connaissance, n'a pas encore été signalé jusqu'à présent : non seulement le taux d'anomalies observé en certaines années sur la génération X 1 peut être élevé et comprendre différents types mais *il s'accroit nettement avec l'augmentation de la dose.*

Les quelques plantes survivant aux doses les plus élevées présentent des taux d'anomalies spécialement élevées : sur 10 plantes de Fylby récoltées dans le traitement à 20.000 r, 5 soit 50 % présentaient des épis speltoïdes très typiques correspondant à un taux d'épis speltoïdes de 15,6 % (chiffres non repris au tableau V).

Le taux d'anomalies des plantes X 1, calculé par unité r, permet de mettre en évidence de façon nette son accroissement en fonction de la dose appliquée, qu'il s'agisse du taux total d'anomalies ou du taux de speltoïdes : (calculs effectués en déduisant le taux d'anomalies du témoin) :

Traitement (3 variétés 1956)	Taux d'anomalies en % des plantes		Taux calculé par unité r	
	Total	Speltoïdes	Total	Speltoïdes
Témoin	1.0	1.0	—	—
5.000r	3.3	2.4	$0.46 \times 10\text{-}3$	$0.28 \times 10\text{-}3$
10.000r	8.8	5.5	$0.78 \times 10\text{-}3$	$0.45 \times 10\text{-}3$
15.000r	18.7	12.0	$1.18 \times 10\text{-}3$	$0.73 \times 10\text{-}3$

Une explication de ce fait peut être trouvée en supposant que l'efficacité de la compétition intrasomatique entre secteurs normaux et secteurs mutés à l'intérieur de la plante chimère X 1 dépend de la rapidité du développement des plantes ; or, c'est un fait d'observation que le développement des plantes X 1, mesuré par l'accroissement en hauteur et la date d'épiage, est d'autant plus lent que la dose appliquée est plus forte, ce qui donne moins de chances au secteur muté d'être dépassé par le secteur normal.

Anomalies observées en génération X 1 (1956).

Variétés	Nombre examiné		Nombre de speltoïdes		Nombre d'épis lâches		Nombre d'épis avec épillets supplémentaires		Nombre d épis bifurquées		Nombre d'épis compacts	
traitement	Plantes	Épis	Plantes	Épis	Plantes	Épis	Plantes	Épis	Plantes	Épis	Plantes	Épis
JUFY II												
Témoin	100	405	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.000r	135	524	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10.000r	134	574	2(1,5)	3(0,5)	1(0.7)	1(0.2)	0	0	0	0	1(0.7)	1(0.2)
15.000r	106	337	11(10,4)	14(4,1)	11(10.4)	20(5.9)	0	0	0	0	1(0.9)	1(0.3)
AUBERS												
Temoin	100	405	2(2,0)	3(0.7)	0	0	0	0	0	0	0	0
5.000r	121	508	2(1,6)	3(0.6)	1(0.8)	1(0.2)	2(1.6)	2(0.4)	0	0	0	0
10.000r	137	523	3(2.2)	3(0.6)	0	0	9(6.6)	9(1.7)	2(1.5)	2(0.4)	0	0
15.000r	102	334	7(6.9)	10(3.0)	3(2.9)	3(0.9)	2(2.0)	2(0.6)	0	0	0	0
FYLBY												
Témoin	100	411	1(1.0)	2(0.5)	0	0	0	0	0	0	0	0
10.000r	165	622	8(4.8)	10(1.6)	0	0	1(0.6)	1(0.2)	0	0	0	0
10.000r	162	597	19(11.7)	24(4.0)	1(0.6)	1(0.2)	0	0	0	0	0	0
15.000r	92	397	18(19.5)	23(5.8)	1(1.1)	2(0.5)	1(1.1)	1(2.5)	0	0	1(1.1)	1(0.2)
TOTAL (3 variétés)												
Témoin	300	1.221	3(1.0)	5(0.4)	0	0	0	0	0	0	0	0
5.000r	421	1.654	10(2.4)	13(0.8)	1(0.2)	1(0.1)	3(0.7)	3(0.2)	0	0	0	0
10.000r	433	1.694	24(5.5)	30(1.8)	2(0.5)	2(0.1)	9(2.1)	9(0.5)	2(0.5)	2(0.1)	1(0.2)	1(01.)
15.000r	300	1.068	36(12.0)	47(4.4)	15(5.0)	25(2.3)	3(1.0)	3(0.3)	0	0	2(0.7)	2(0.2)
TOTAL (3 traitem.)	1.154	4.416	70(6.1)	90(2.0)	18(1.6)	28(0.6)	15(1.3)	15(0.3)	2(0.2)	0	3(0.3)	3(0.1)

IV. — Premier aperçu des mutations observées en génération X 2.

Une étude des mutations observées en génération X 2 sera publiée ultérieurement après observation des descendances en génération X 3 ; nous nous bornons à donner ici un court aperçu des types de mutations observées.

Chez le froment Jufy I, 12 types *principaux* de mutations furent décelés en X 2, qui se classent comme suit par ordre de fréquence décroissante :

a) Speltoïdes (dont des speltoïdes barbus et des speltoïdes courts) ;
b) Formes à paille courte, de taille très variable depuis des types presque normaux jusqu'à des nains de 30 cm. de hauteur ; ce groupe comprend non seulement des compactoïdes et des subcompactoïdes, mais également des formes courtes à épis lâches ;
c) Disjonction de hauteur soit présence de formes hautes et des formes courtes à l'intérieur de la descendance d'une plante ;
d) Formes à paille haute ;
e) Formes tardives à développement lent ;
f) Troubles chlorophylliens, spécialement des formes à macules décolorées (type *maculescens*, Mac Key, 6).
g) Formes sans glaucescence ;
h) Formes à glaucescence modifiée en plus ou en moins ;
i) Formes hiver, ne montant pas en tiges ;
j) Formes barbues et semi-barbues ;
k) Plantes à feuilles contournées ;
l) Plantes monotalles.

La plupart des types observés sur la X 2 du froment Jufy I furent également détectés dans la génération X 2 du froment Peko, chez lequel sont, en outre, apparus les types suivants :

m) Plantes précoces à l'épiage ;
n) Plantes à épis compacts, de hauteur normale ;
o) Plantes à feuilles étroites ;
p) Épis à aristation très faible.

En conclusion, le froment ordinaire, (*Triticum aestivum L.*), hexaploïde naturel, réagit aux traitements mutagéniques par la production d'un nombre élevé de mutations de type très variable et constitue un bon objet pour les recherches de mutagénèse induite, contrairement à l'opinion longtemps répandue selon laquelle le taux de mutations observables décroît fortement avec l'accroissement du degré de polyploïdie. Cette opinion se basait sur les recherches déjà anciennes de Stadler (11) qui n'avait tenu compte que des mutations chlorophylliennes. Si on tient compte de *tous* les types observables en X 2, il est actuellement admis que le froment ordinaire a un

taux plus élevé de mutations que l'engrain diploïde ou que l'orge diploïde.

L'examen des mutations classées ci-dessus mène rapidement à la conclusion que la plupart d'entre-elles ne sont pas susceptibles de présenter un intérêt au point de vue pratique ; certains types peuvent cependant être intéressants, spécialement les formes précoces et les types courts à épis normaux.

Après une première année d'observation sur les mutations obtenues par rayons X, nous pensons qu'il faudra, lors des travaux de mutagenèse effectués dans un but pratique, améliorer les techniques de détection des mutants en X 2 ou X 3 en attachant une grande importance aux formes peu différentes de la variété mère mais présentant des modifications des caractères du rendement (tallage, rendement par épi, fertilité, poids du grain) ou des caractères de résistance aux maladies.

RÉSUMÉ.

Les résultats de l'analyse de la première génération de cinq variétés de froment de printemps traitées à l'état de grains secs, par différentes doses de rayons X sont présentés. Le taux de levée en champ et la fertilité de la X 1 sont influencés par les conditions de végétation de l'année et variable par variété. Le taux d'anomalies (spécialement speltoïdes) observées en certaines années sur les plantes de la première génération augmente fortement avec l'augmentation de la dose de r appliquée. Un premier aperçu des mutations observées à la génération X 2 de deux variétés indique que le froment cultivé (*Triticum aestivum L.*) constitue un bon objet pour l'étude de la mutagénèse induite : 15 types différents de mutations furent observés, dont certains peuvent présenter des particularités de valeur pratique (paille courte précocité, etc...)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

(1) ARNASON, T. J. ; C. O. PERSON ; J. M. NAYLOR. 1952. Radiation induced mutations in wheat and barley. *Canad. J. Bot.* XXX, 743-754.

(2) FROÏER, K. 1946. Genetical studies on the chlorophyll apparatus in oats and wheat. *Hereditas*, XXXII, 298-406.

(3) FROÏER K., A. GUSTAFSSON. 1944. The influence of seed size and hull on X-ray susceptibility in cereals. *Hereditas*, 30, 583-589.

(4) GUSTAFSSON A. 1947. Mutations in agricultural plants. *Hereditas*, XXXIII, 1-100.

(5) GUSTAFSSON A., J. MAC KEY. 1948. *Mutations work at Svalöf. Svalöf* 1886-1946 (Lund).

(6) Mac Key J. 1954. Neutron and X-Ray experiments in wheat and a revision of the speltoid problem.
Hereditas, XL, 65-180.
(7) Mac Key J. 1954. Mutation breeding in polyploid cereals.
Acta Agric. Scand. IV, 549-557.
(8) Moës A. 1954. Radiations et Mutations.
Ann. Gembloux. 149-170.
(9) Moës A. 1954. Rayons X, test de croissance et mutations.
Journ. Belge Radiol. XXXVII, 572-587.
(10) Oltmann W. 1951. Züchterische Auswertung röntgeninduzierten Mutationen an physiologischen Merkmalen bei Winterweizen.
Zeit. Pflz. zücht XXIX, 76.
(11) Stadler L. 1929. Chromosome number and the mutation rate in *Avena* and *Triticum*.
Nat. Acad. Sci. Proc. XV. 876-881.

CENTRE DE CARTOGRAPHIE DES SOLS

Organisme subsidié par l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (I. R. S. I. A.).

Les Sols Ardennais

II. — Étude morphologique et génétique des sols hydromorphes associés aux sols bruns acides et aux sols podzoliques du Plateau de Saint-Hubert (*).

par A. Pécrot et P. Avril

I. — Données générales.

Dans une étude précédente (1), nous avons examiné les sols non hydromorphes du massif forestier de Saint-Hubert. Nous y avons distingué d'une part les sols bruns acides ou oligotrophes avec et sans horizon induré (fragipan) et d'autre part les sols podzoliques climaciques et de dégradation.

Cependant, presque un quart de la superficie du bloc forestier étudié (12.000 ha) est occupé par des sols à drainage déficient : ce sont les fanges ou fagnes bien connues des forestiers. D'autres vastes plateaux comme ceux de la Baraque Fraiture et la Baraque Michel sont également couverts de milliers d'hectares de ces sols humides.

Au début du siècle, ces fagnes étaient des terrains incultes couverts d'un tapis de molinies (molinia coerulea) et d'un maigre taillis de bouleaux pubescents et de saules, sans intérêt économique ; localement on exploitait la tourbe. Sur la carte de Ferraris (1770), ces fagnes paraissent couvertes d'une végétation arbustive assez claire.

L'introduction de l'épicéa a mis en valeur ces étendues incultes. Actuellement, la plupart des fagnes sont enrésinées mais ne conviennent à des buts forestiers que lorsque l'épaisseur de tourbe reste inférieure à 50 ou 60

(*) Déposé à la rédaction le 16 juin 1958.

(1) Les Sols Ardennais. I. Étude Morphologique et Génétique des Sols Bruns Acides et des Sols Podzoliques du Plateau de Saint-Hubert, *Bull. Inst. Agr. de Gembloux*, tome XXII, nos 1-2, 1954.

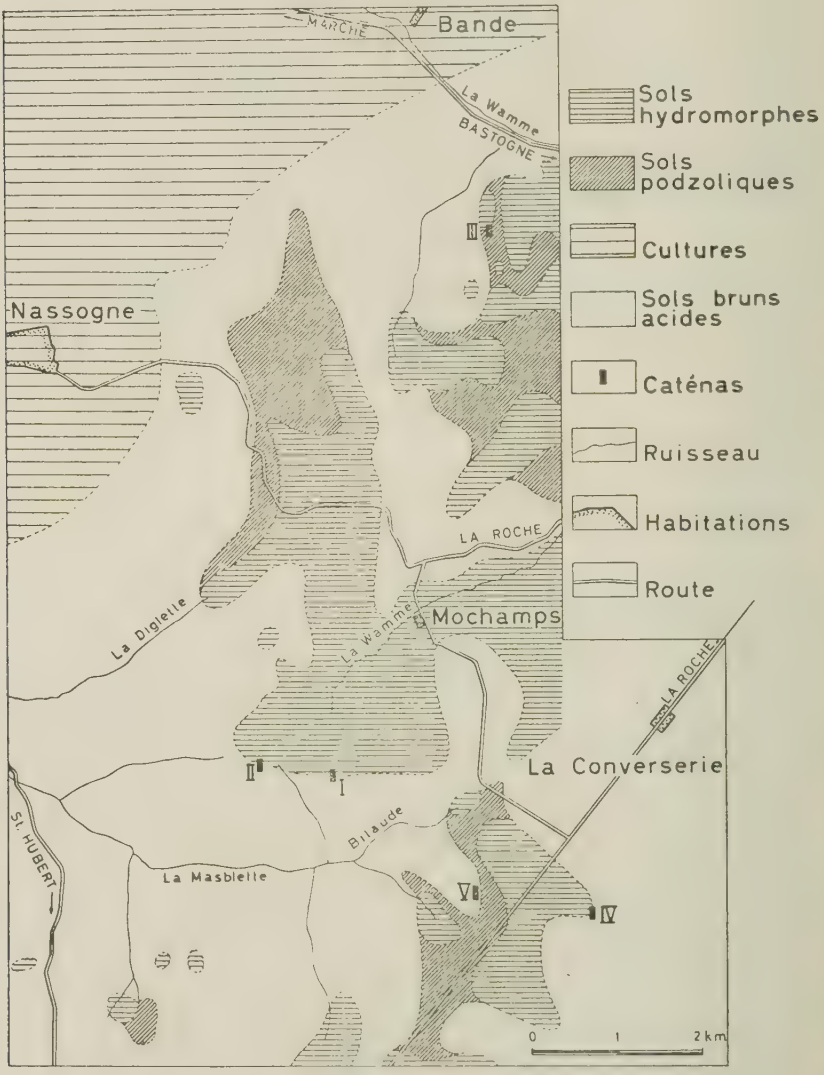


FIG. 1 — Carte schématique avec la répartition des sols hydromorphes, des sols podzoliques, des sols bruns acides et la situation des caténas.

cm de profondeur. Cette essence à enracinement traçant est d'ailleurs l'une des mieux adapatées à ce genre de sol qu'elle assainit superficiellement.

Le plateau de Saint-Hubert, et plus particulièrement le « plain Saint-Michel » qui en occupe la région centrale est resté relativement à l'abri de l'intervention humaine.

Nous y avons étudié plusieurs « caténas » de sols développés sur le même matériel mais dans des conditions différentes de drainage, de façon à rencontrer tous les stades intermédiaires entre les sols secs (1) et les sols hydromorphes.

Les cinq caténas étudiées, groupant quelque 25 profils peuvent se subdiviser en deux groupes : celles d'une part qui possèdent des caractères podzoliques et celles qui ne possèdent pas ces caractères.

La roche-mère sur laquelle se sont développées quatre séquences sur cinq consiste en un dépôt limoneux assez homogène, peu caillouteux (environ 15 à 20 % de débris rocheux) reposant aux environs de 70 cm de profondeur sur une couche de solifluxion de composition plus hétérogène et plus variable. La couche limoneuse superficielle contient un certain pourcentage d'apports loessiques, mélangé à des éléments autochtones provenant de l'altération des roches primaires sous-jacentes (Siegenien) : quartzites et quartzophyllades en majorité. Dans la couche inférieure, les apports loessiques sont absents ou négligeables et l'altération du milieu est beaucoup plus forte, certains minéraux y sont probablement plus altérés.

L'ensemble de ces dépôts meubles dont l'épaisseur totale peut atteindre 2 à 3 mètres repose sur les bancs gréseux compacts et peu perméables du Siegenien inférieur.

Les profils qui possèdent les caractères podzoliques les plus nets sont parfois installés sur des dépôts plus grossiers de nature plus siliceuse provenant en grande partie de l'altération de quartzites du Siegenien inférieur. Toutefois beaucoup de sols podzoliques sont installés sur des dépôts peu caillouteux.

Les grandes associations végétales qui recouvrent ces sols de plus en plus humides vont de la hêtraie à luzule (fraîche) à une association à bouleau pubescent et saule, en passant par la chênaie pédonculée à dryoptéris (2).

L'altitude est voisine de 525 m. Le climat est caractérisé par une chute d'eau de 1200 mm environ, avec un léger maximum en juillet, une température moyenne de 7,2° C pour l'année et de 13° C environ pour la période de végétation. La température moyenne du mois le plus froid (janvier) est

(1) Pour la caractérisation des sols non hydromorphes du plateau, voir entre autres la publication précitée.

(2) Nous remercions M. A. THILL, Chef-cartographe au Centre de Cartographie Phytosociologique, des nombreuses indications qu'il a bien voulu nous donner sur le terrain.

voisine de O° C. (1). Le nombre de jours de neige est de 35 et plus. Fait important au point de vue forestier, cette neige est souvent humide et collante. Il est toutefois nécessaire d'insister sur le fait que le climat des fagnes est toujours plus excessif, plus extrême que celui de la forêt feuillue à même altitude. L'indice climatique annuel de LANG ([1]) est souvent voisin de 200, contre 160 à 180 pour la forêt feuillue ardennaise (2). Les conditions microclimatiques de la Fagne (découvert, humidité, relief en cuvette) sont responsables de ce fait.

Les sols hydromorphes dont il s'agit ici sont des sols de plateau. Ils s'étendent sur les parties les moins accidentées, mais peuvent se retrouver sur des pentes parfois importantes (de 6 à 8 %), dans de légers replis du versant ou aux points de suintement, en contre-bas de plateaux mal drainés. En général, ils occupent une topographie en larges dépressions ou même en cuvettes, très défavorable au drainage superficiel du sol. Les membres les plus humides des profils étudiés sont caractérisés par une nappe phréatique reposant sur un sous-sol imperméable et fortement altéré ; cette nappe possède un caractère quasi permanent dû autant à la lenteur du drainage latéral qu'à l'humidité du climat et à la répartition régulière des pluies tout au long de l'année (Stagnogley des auteurs allemands).

L'apparition des sols hydromorphes semble être souvent causée par :
— la topographie trop calme ;
— la présence dans le sous-sol de bancs de quartzites compacts souvent subhorizontaux ;
— l'altération profonde du matériel meuble superficiel, qui devient imperméable à la suite de l'augmentation du pourcentage en particules fines (0-10 mu). (Voir plus loin la granulométrie).

Rappelons ici que le massif forestier de Saint-Hubert-Nassogne couvre un relief sénile, formé de niveaux d'aplanissement, favorable à l'installation de fagnes.

La question se pose donc de savoir pourquoi certains sols aux environs des fagnes montrent des caractères podzoliques très nets. Plusieurs facteurs peuvent combiner leurs effets, citons :
— un matériel plus grossier, plus gréseux. Ce facteur semble être prépondérant dans les caténas à caractère très nettement podzolique :
— un microclimat plus rude : action du vent, capable d'enlever et d'amasser localement la couverture morte ; insolation plus directe, par suite de la légèreté du couvert, avec apparition de la myrtille et même de la bruyère, d'où production d'humus brut. Ces différents facteurs provoqueraient surtout l'apparition de « micropodzols » ou de sols faiblement podzoliques ;

(1) Indice de LANG : P/T.

— danger plus grand de gelées tardives (1) ;
— l'accumulation d'humus brut, tourbeux, qui a toujours des effets podzoliques, jointe à une faible capacité de sorption.

PHOTO 1 — Aspect d'une fange à bouleau pubescent. (Fange du Rouge Ponceau).

PHOTO 2 — Aspect d'une fange après une coupe d'épicéas. (Fange de la Flache). Au fond, à gauche, une plantation d'épicéas sur sols humides, à droite des feuillus sur sols secs. A l'avant plan, plusieurs souches d'épicéas renversés par le vent.

II. — ÉTUDE DE LA TRANSITION DES SOLS BRUNS ACIDES AUX SOLS HYDROMORPHES.

Les mieux drainés parmi les sols bruns acides sont les sols sans horizon induré portant dans les cas les plus favorables une hêtraie à fétuque.

L'induration des horizons inférieurs ralentit fortement l'infiltration verticale des eaux ; des phénomènes très visibles de gleyification apparaissent alors au niveau de l'horizon induré, qui n'est plus habité par les racines, et provoquent souvent un engorgement temporaire du profil pendant la saison humide. Les profils (2) caractérisés par cet horizon induré et gleyifié (fragipan des auteurs américains) (3) jouissent d'un drainage moins favorable (moderately well drained) et sont généralement couverts par une hêtraie à luzule (type frais) (voir profil II/1).

(1) Par les nuits froides et calmes, nous avons pu vérifier que l'air froid s'accumule dans les « trous », les dépressions du plateau, tout comme il le fait dans des vallées plus importantes.

(2) Ces profils sont décrits dans notre première publication sur ce sujet.

Au fur et à mesure que diminue la facilité d'évacuation des eaux et que l'on s'avance vers les sols hydromorphes, on constate les transformations suivantes dans le profil :

L'horizon Ao, absent ou de faible épaisseur au début de la séquence, fait bientôt son apparition sous forme d'un dépôt d'humus brut acide noirâtre, gras au toucher, tourbeux, en voie de minéralisation très lente, sous l'influence de champignons, de levures et peut-être de bactéries. Le milieu s'acidifie en même temps qu'interviennent des conditions anaérobies plus marquées. L'épaisseur de l'humus brut augmente sans cesse pour se stabiliser habituellement aux environs de 20 cm.

C'est seulement dans les endroits très plats ou même en cuvette, où le drainage est très pauvre, que se forme une épaisseur de tourbe plus importante pouvant atteindre plusieurs mètres. Elle constitue un milieu acide, réducteur, pauvre en matières minérales ; quoique très humide, elle est temporairement physiologiquement sèche, par manque d'eau utile.

L'horizon A_1 de couleur brun sombre dans les profils à bon drainage devient de plus en plus noir puis violacé pour disparaître presque complètement dans les sols les plus hydromorphes. Son épaisseur moyenne est de 15 cm au milieu de la séquence. (profils II/2, II/3, II/4, II/5).

Quand augmente l'épaisseur de la couverture de tourbe, le sol sous-jacent prend une teinte gris clair (2,5 Y 6/2-7/2) (1) de plus en plus uniforme ; il n'est plus guère possible d'y distinguer des horizons (profil II/6 ; photo 5). Cet horizon gris clair est désigné dans la pratique forestière par l'appellation générale d'« argile blanche » quelle que soit d'ailleurs sa texture.

Dans les sols bruns acides, l'horizon A_2 ou A_3 n'est pas un horizon d'éluviation d'argile ou de sesquixoydes. Il représente plutôt une sorte de transition entre les horizons humifères superficiels et l'horizon (B) structural. Il possède une couleur généralement plus jaunâtre que ce dernier et une structure dont le type dominant peut être grumeleux (A_2) ou très finement polyédrique (A_3). Ce caractère semble en rapport avec la teneur en matières organiques et la texture de l'horizon ; c'est suivant ces caractères que nous avons employé tantôt l'un, tantôt l'autre de ces symboles. Cet horizon est constitué d'un limon brun jaunâtre (10 YR 5/6) ; quand le drainage se ralentit, sa couleur s'atténue, devient plus claire (10 YR 6/3-7/2).

Dans les sols secs, la structure des horizons A_2 est généralement bien différenciée, surtout si l'horizon est bien fouillé par les racines. Dans le cas contraire, on y remarque un feuilletage parfois très net, surtout lorsqu'est intervenue une cause accidentelle de tassement, comme le débardage ou une éclaircie trop large. Dans le côté hydromorphe de la caténa, le degré de

(1) Notations de Munsell Soil Color Charts. Baltimore M. A. U. S. A.

développement de la structure diminue petit à petit et celle-ci devient tout à fait compacte dans les profils les plus humides.

Les horizons (B) se distinguent de l'horizon précédent par leur structure polyédrique plus nettement développée et par leur couleur légèrement plus rougeâtre (10 à 7,5 YR 5/6).

Au fur et à mesure que diminue la facilité de drainage. la couleur s'atténue (10 YR 6/4) en même temps qu'apparaissent à partir du bas de l'horizon de nombreuses taches de rouille et des concrétions de fer. La structure disparaît, l'horizon est de plus en plus compact et argileux pour devenir imperméable dans les membres les plus hydromorphes de la caténa. Il est alors garni de panachures verticales très contrastées, grises (10 YR 7/2) et ocres (10 à 7,5 YR 5/8) qui s'orientent parfois en un réseau très irrégulier et déterminent ainsi une sorte de structure prismatique très grossière et très faiblement développée dont les faces sont garnies d'enduits argileux grisâtres. Dans une coupe l'eau suinte la plus grande partie de l'année le long de ces fentes grises ; le suintement est particulièrement abondant au sommet de l'horizon.

PHOTO 3 — Profil II/1. Sol brun acide à fragipan.

PHOTO 4 — Aspect d'une hêtraie à luzule (type frais) en bordure de fange sur sol brun acide à fragipan.

Le dépôt de solifluxion souvent induré (fragipan), nettement différencié au début de la séquence, passe latéralement et d'une façon insensible à cet horizon peu perméable, par suite d'une altération beaucoup plus profonde du matériel dans ce milieu saturé d'eau. La remontée de cet horizon est aussi insensible ; il reste à 40-50 cm de profondeur moyenne dans les sols hydromorphes. De même, l'induration et l'aptitude à éclater sous la pression des doigts deviennent de moins en moins perceptibles.

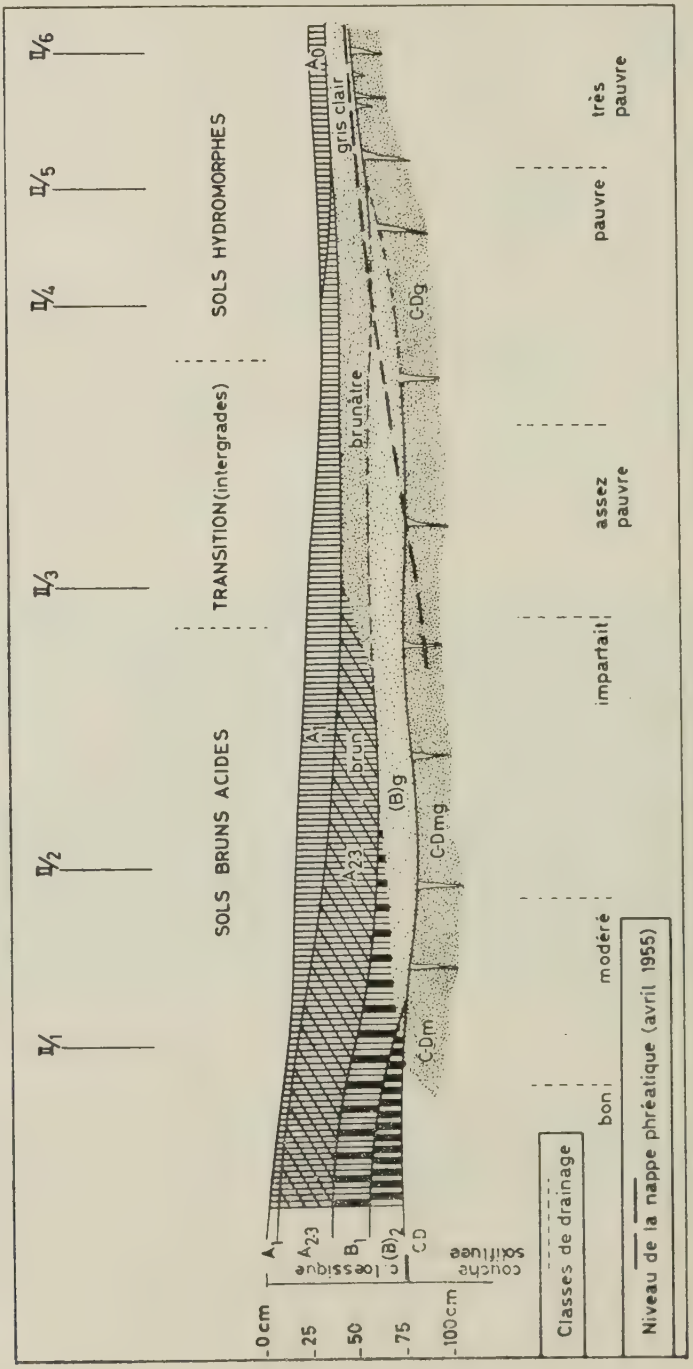


FIG. 2 — Séquence non podzolique.

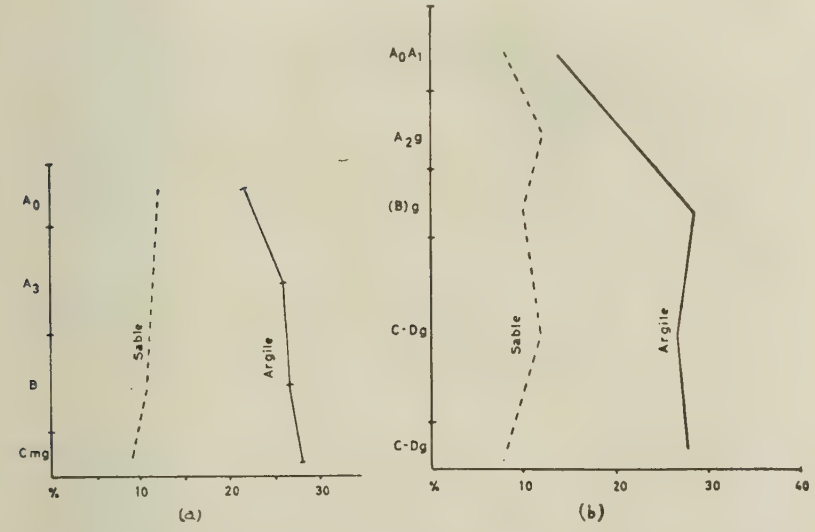
Le schéma précédent résume brièvement le passage des sols bruns acides aux sols hydromorphes sur le plateau de Saint-Hubert. (Figure 2).

Outre les caractères morphologiques apparents, d'autres propriétés du sol évoluent également d'un bout à l'autre de la caténa. Les principales sont : la composition granulométrique, le pH, les teneurs en fer libre, fer total et humus (1).

La composition granulométrique.

L'examen de nombreux résultats d'analyse nous permet de tirer les conclusions suivantes :

Les sols bruns acides sont caractérisés par l'absence de mouvement d'argile. Dans les membres à drainage bon, modéré ou imparfait, la représentation graphique de la variation de la teneur en argile suivant la profondeur est représentée par une ligne à peu près verticale. Dans l'horizon soliflué, on constate parfois une légère augmentation dans les classes argileuses et sableuses, aux dépens des classes intermédiaires.



. Fig. 3 — Évolution de la teneur en argile et en sable dans les divers horizons d'un profil à drainage modéré (a) et à drainage pauvre (b). Séquence non podzolique.

(1) Les résultats analytiques concernant la granulométrie, la teneur en humus et le pH nous ont été obligeamment fournis par le Centre de Recherches Pédologiques de Gembloux. Nous en remercions vivement MM. G. Manil et F. Delecour, Directeur et Assistant du Centre.

D'autre part, au fur et à mesure qu'augmentent les difficultés de drainage on constate fréquemment :

- une diminution de la teneur en argile des horizons supérieurs (A_2) au profit de la classe sableuse ;
- une augmentation parfois forte de la classe argileuse dans les horizons (B)g ou Cg situés sous le A_2 gris aux dépens de la classe sableuse.

Il semblerait donc à première vue que le ralentissement du drainage s'accompagne d'une mise en mouvement et d'une migration de plus en plus poussée des colloïdes argileux. Cependant, à l'examen microscopique, la rareté relative des revêtements argileux dans les horizons inférieurs laisse supposer que l'enrichissement en argile est dû, plus à une altération très poussée du matériel avec formation authigène d'argile, qu'à une migration verticale. D'autant plus que, dans certains cas, l'horizon A_2 blanchâtre des profils les plus humides a une texture assez lourde.

Le pH.

Le pH de ces sols est très acide et généralement inférieur à 4,0.

La différence entre le pH/KCl et le pH/$H^2$0 est toujours très faible et inférieure à 0,5 unité, ce qui semble en corrélation avec la faible capacité sorptive de ces sols. Le pH varie très peu d'un bout à l'autre de la caténa ; il semble cependant exister une très légère diminution (0,5 unité environ) dans les horizons supérieurs des profils hydromorphes, par rapport aux horizons homologues des sols secs. Ceci est dû à la mauvaise décomposition et à l'accumulation de l'humus brut (mor) d'épicéa. Cette petite différence peut cependant, au point de vue écologique, être la caractéristique de milieux assez différents.

D'une façon générale, on constate une très légère augmentation (0,5 unité) du pH en profondeur dans tous les profils.

La teneur en fer total.

La teneur en fer total assez constante dans les profils secs subit une forte diminution dans les horizons superficiels des sols hydromorphes. Cette diminution ne semble pas compensée par une augmentation significative dans les horizons inférieurs (par rapport aux horizons homologues de profils secs). Il est donc permis de supposer que l'appauvrissement des horizons superficiels est causé par des phénomènes de lixiviation latérale parallèles à la surface du sol et à proximité immédiate de celle-ci. Cet entraînement du fer dans les horizons superficiels est évidemment beaucoup favorisé par la présence d'humus acide procurant aux eaux d'infiltration des propriétés réductrices.

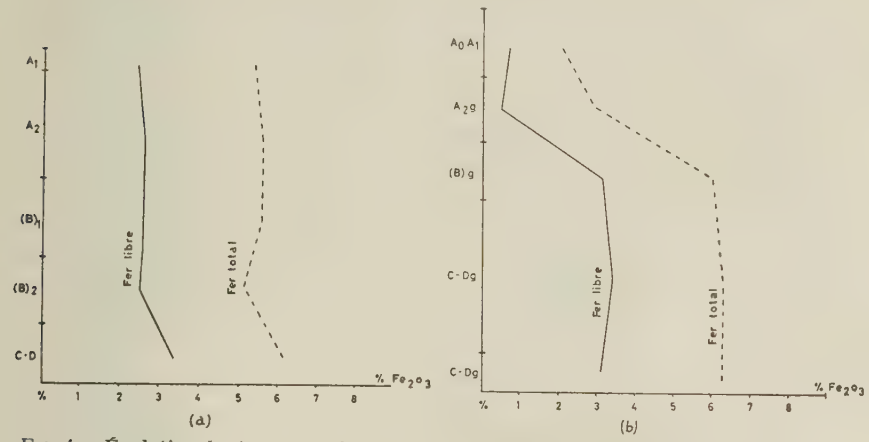


FIG. 4 — Évolution des teneurs en fer total et libre (Fe_2O_3 %) dans un profil à drainage modéré (a) età drainage pauvre (b). Séquence non podzolique.

Le fer libre.

Le fer libre représente cette partie du fer total qui, d'après HARTMANN (4), est de formation secondaire et prend naissance aux dépens de silicates divers. La teneur en fer libre est ici caractérisée par des variations à peu près parallèles à celles du fer total : on constate également une forte diminution dans les horizons superficiels A des profils hydromorphes. La teneur dans les horizons (B) reste assez stable d'un bout à l'autre de la séquence.

Le pourcentage de fer libre par rapport au fer total est voisin de 50 dans les sols secs. On observe parfois que cette proportion tend à s'élargir dans les horizons profonds des sols hydromporphes et à se rétrécir dans leurs horizons superficiels.

III. — ÉTUDE DE LA TRANSITION DES SOLS PODZOLIQUES AUX SOLS HYDROMORPHES.

Une autre séquence est caractérisée par une morphologie nettement podzolique. Le point de départ de la séquence est souvent représenté par un « sol podzolique brun » (Brown Podzolic) largement caractérisé dans la publication précédente. Sur un matériel contenant un pourcentage plus élevé d'éléments grossiers provenant de l'altération de grès et quartzites le point de départ peut même être le podzol.

Sur les sols podzoliques bruns on remarque, dans les cas les plus évolués, l'individualisation d'un horizon A_2 blanchi nettement podzolique, suivi en profondeur par un horizon brun ocre d'accumulation d'humus et de fer ; l'horizon A_1 très mince a souvent une couleur violacée. C'est le stade micro-

podzol ou « minimal podzol » suivant l'épaisseur du solum podzolique. Parfois cet horizon A_2 n'est représenté que par de petites lentilles grisâtres (Profils IV/2 et IV/3).

En avançant dans la séquence, la teneur en matières organiques augmente fortement dans les horizons superficiels pour atteindre 40 % dans le membre le plus humide. L'horizon Ao d'accumulation d'humus brut est déjà présent dès que les phénomènes podzoliques se manifestent. Il est brun noirâtre foncé, feutré, poudreux à l'état sec et garni d'un réseau de filaments blanchâtres provenant des hyphes de champignons. Au fur et à mesure que l'on avance dans la séquence il devient plus épais (jusque 20 cm), noirâtre, charbonneux, garni de petits points blancs formés par les filaments mycéliens, puis de plus en plus fibreux.

Les horizons B humo-ferriques (Bfeh) constituent un second maximum (4 à 5 %) de la teneur en matières organiques ; ils sont particulièrement visibles vers le milieu de la séquence. Vers le côté hydromorphe ils deviennent de plus en plus diffus pour disparaître souvent complètement dans le profil à drainage pauvre.

On constate également que le profil diminue d'épaisseur et est comme comprimé par la montée de la gleyification vers la surface.

Une futaie claire de hêtres avec tapis de myrtilles, de plus en plus continu au fur et à mesure que l'on s'approche de la fange, recouvre les trois premiers profils de la séquence. Une plantation d'épicéas d'une quarantaine d'années est établie sur les deux derniers.

La composition granulométrique.

La composition granulométrique des profils de cette séquence est assez semblable à celle de la première séquence. Toutefois la teneur en sable est légèrement plus élevée de 5 % environ. Dans les cas où un podzol complet s'est développé, la séquence est alors caractérisée d'un bout à l'autre par une richesse élevée en éléments siliceux grossiers, ce qui a beaucoup contribué à favoriser l'évolution podzolique. La teneur en argile est alors partout assez faible et minima dans les horizons A_2.

Le pH.

Le pH dans l'eau est compris entre 3,5 et 4,0. Il a tendance à augmenter légèrement en profondeur et à se stabiliser aux environs de 4,0. Le pH KCl descend jusque 3,0 dans les horizons superficiels. La différence entre les deux pH (H^2O et KCl) y est à son maximum et peut dépasser une demi-unité. Cette différence diminue ensuite en profondeur pour disparaître complètement. Ceci semble dû à la quantité et à la qualité des matières organiques qui garnissent les horizons superficiels et témoigne une fois de

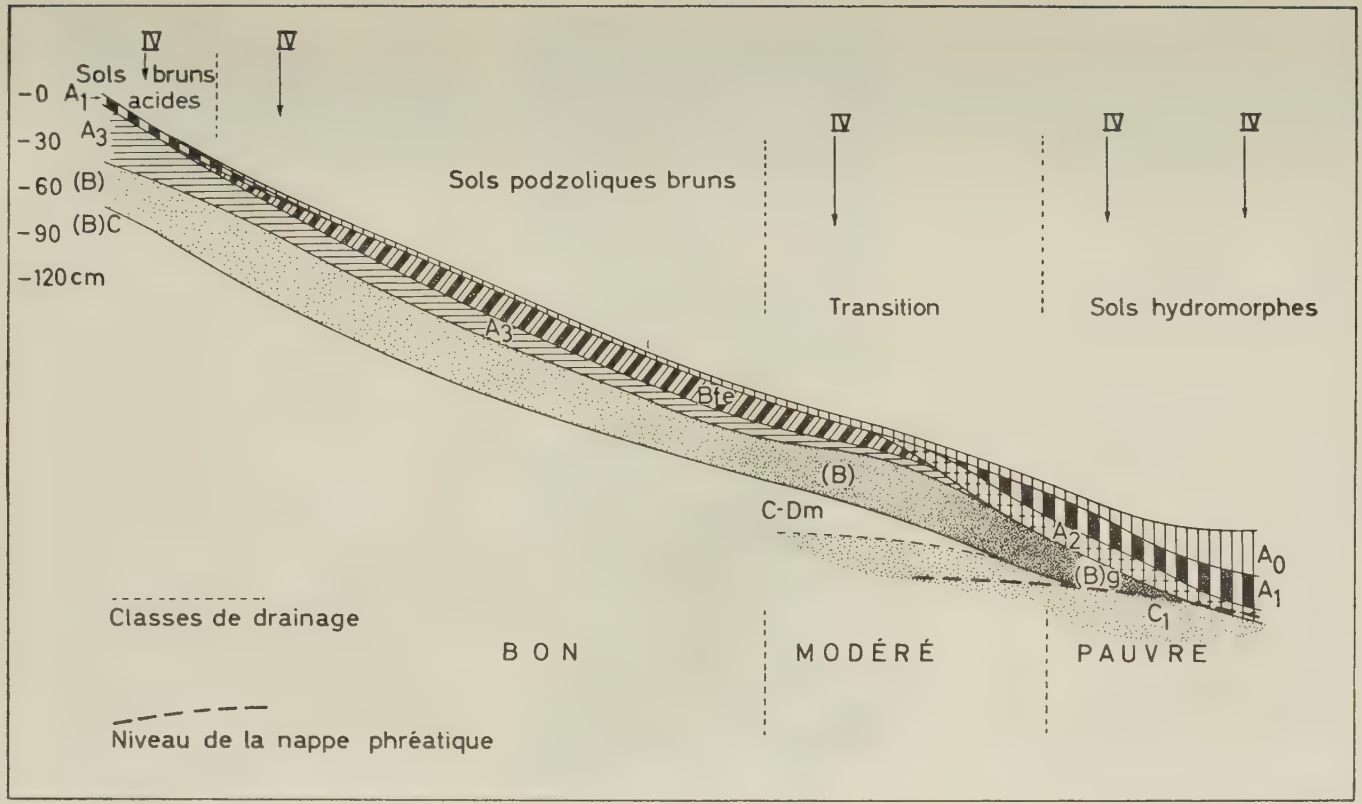


FIG. 5 — Séquence podzolique.

plus de la faible capacité de sorption et de la saturation réduite de la fraction minérale.

La teneur en fer total.

La teneur en fer total est témoin du caractère podzolique de l'évolution de ces profils. Au minimum dans le A_2, elle accuse un maximum très prononcé dans les horizons B ; ce maximum coïncide avec la partie supérieure de l'horizon appelé B ferrique dans la description.

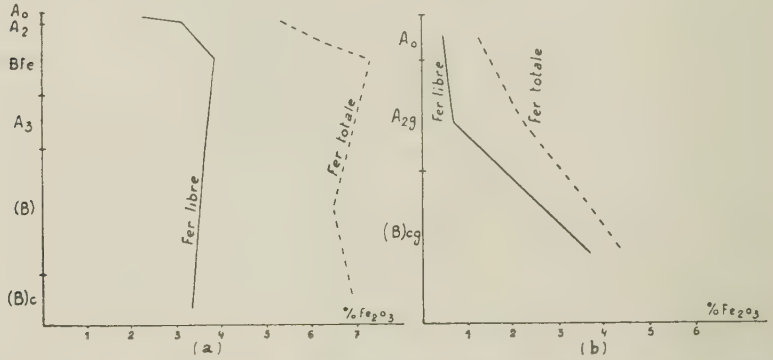


FIG. 6 — Evolution des teneurs en fer total et libre (Fe_2O_3) dans un profil à bon drainage (a) et un profil à drainage pauvre (b). Séquence podzolique.

Le fer libre.

Le fer libre qui constitue sensiblement la moitié du fer total suit des variations à peu près semblables. L'allure des courbes du membre le plus humide de la caténa est comparable à celle qui caractérise le dernier membre de la séquence non podzolique.

IV. — Discussion sur la classification de ces sols.

Ces deux séquences de drainage, l'une au départ de sols bruns acides, l'autre de sols podzoliques semblent donc aboutir en général à un profil commun, tant du point de vue morphologique que du point de vue analytique.

Déjà en 1953, Cline (5) était arrivé à une conclusion semblable pour les sols de l'État de New-York, où il avait comparé une séquence de drainage partant de « sols bruns lessivés » (Gray Brown Podzolic) à une autre partant de podzols.

Le profil d'aboutissement commun de ces deux séquences est semblable aux sols hydromorphes de Saint-Hubert et serait à rapprocher des « Molken Boden » ou des « pseudo-gley » de certains auteurs (Kubiena) ou encore de gley-podsols d'autres (Hartmann, 4). Ces deux auteurs ont en effet des conceptions assez différentes du « gley-podzol ». Pour le premier, ce profil

possède un horizon illuvial humo-ferrique induré, en relation avec les oscillations de la nappe phréatique. Par contre, le second affirme que les gley-podzols ne possèdent pas d'horizon d'accumulation ; les mouvements de l'eau (descente, remontée, mouvements latéraux) s'opposent à l'accumulation des substances en migration dans les horizons inférieurs.

Du point de vue morphologique, la plupart de nos profils hydromorphes se rangeraient sans trop de difficultés dans la catégorie du « gley-podzol » de HARTMANN. Cependant, par l'analyse de ces sols hydromorphes, nous n'avons pu établir avec certitude l'existence de processus podzoliques nettement définis. De tels processus manifesteraient leur présence par la destruction des colloïdes argileux dans l'horizon A_2 et le lessivage des produits de décomposition en profondeur. Toutefois la présence d'humus brut, tourbeux, est une source certaine de phénomènes podzoliques.

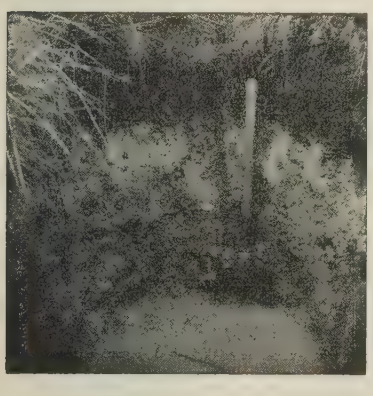


PHOTO 5 — Profil II/6. Sol hydromorphe. On remarque l'horizon gris clair situé sous un horizon tourbeux épais d'une trentaine de cm. On aperçoit la nappe d'eau dans le fond du profil : ce n'est que très rarement qu'elle est aussi basse. Elle coïncide avec le sommet des horizons minéraux pendant la plus grande partie de l'année.

PHOTO 6 — Aspect d'une hêtraie à myrtille sur sol podzolique de bordure de fange. Les chênes sont plus nombreux et les arbres bas-branchus.

L'analyse roentgenographique (1) signale la présence de quartz, kaolinite, muscovite et montmorillonite dans à peu près toutes les fractions des échantillons. La goetite est généralement présente excepté dans les fractions limoneuses des horizons A_2 des profils à drainage assez pauvre ou pauvre.

En bref, il serait donc assez risqué d'affirmer d'une façon générale que le

(1) L'analyse roentgenographique a été obligeamment effectuée par les services du Professeur W. DEKEYZER, que nous remercions ici.

profil des sols hydromorphes des hauts plateaux de l'Ardenne est un gley-podzol, étant donné que ce terme n'a pas encore reçu jusqu'à présent de définition ni de description uniforme chez les auteurs qui le mentionnent. L'appellation la plus prudente serait « sols à gley de nappe phréatique suspendue » (pseudo-gley) (1).

Laatsch range ces profils sous l'appellation générale de « molken gley » et note qu'ils sont une forme oligotrophe des stagno-gley. Cette désignation est très suggestive de la morphologie du profil ; un coup d'œil sur la photo 5 suffit pour en être convaincu.

Il existe, très localement, des sols hydromorphes possédant des caractères podzoliques mieux marqués, notamment un horizon B humique à limites assez diffuses et non induré. Ces profils correspondent assez bien à la définition des « Molken podzols » donnée par Kubiena.

La classification américaine rassemble ces sols humides sous l'appellation « Low-Humic-Gley ». Les membres les plus humides, possédant une épaisseur relativement forte (30 à 40 cm au moins) d'humus brut, tourbeux, seraient à classer avec les « Bog Soils ». La distinction prévue dans le système de classification américaine entre « Low-Humic-Gley » avec ou sans B textural ne semble pas aisément applicable pour ces profils.

V. — Qualités et vocation agronomique de ces profils humides.

Bien que possédant les caractères morphologiques de sols à nappe phréatique temporaire, ces profils sont gorgés d'eau pendant la plus grande partie de l'année ; les trous, pourtant peu profonds (1 m), que nous creusons pour les prises d'échantillons ne sont vides d'eau qu'en de rares et courtes périodes sèches de l'année. Même à ce moment, la terre reste très fraîche jusqu'en surface.

En réalité, la nappe repose sur un sous-sol imperméable composé de quartzites compacts et de leurs produits d'altération et l'importance des précipitations (1200 mm) bien réparties tout au long de l'année lui donne un caractère quasi permanent.

La texture du solum influe très peu sur les propriétés hydrologiques du sol (sable ou argile limoneuse), l'aspect général du profil subit peu de changements.

Ces sols sont généralement mis en valeur par l'épicéa. Son enracinement traçant et quelques fossés de drainage creusés lors de la plantation contribuent beaucoup à assécher la partie supérieure du sol, mais sont susceptibles de provoquer en même temps une remontée du plan d'eau et un durcisse-

(1) En tenant compte que dans ces sols, les périodes d'assèchement sont courtes et que la nappe phréatique a un caractère quasi permanent (stagno-gley).

ment, un tassement sans cesse plus important du sous-sol que n'habite plus aucune racine, aucune vie. Ces conditions sont extrêmement défavorables à la décomposition de la litière déposée par le peuplement résineux, déjà très résistante par ailleurs aux agents biologiques.

Il est possible que le mélange à l'épicéa d'espèces forestières à enracinement profond contribue à l'amélioration de ces sols en favorisant la descente du plan d'eau, en même temps que l'affouillement progressif du niveau imperméable par les racines. Malheureusement, de telles espèces sont rares ; le chêne pédonculé, avec son enracinement pivotant, mélangé à du bouleau pubescent, pourrait exploiter le sol en profondeur ; l'épicéa de Sitka est un arbre capable de supporter assez facilement les conditions sévères de climat et de sol des hauts plateaux. Le pin Weymouth n'est plus guère employé car il est trop facilement attaqué par certains parasites. Il serait sans doute profitable d'introduire avec l'épicéa un judicieux mélange de l'une ou l'autre de ces espèces.

D'autre part, le caractère superficiel de l'enracinement de l'épicéa accentue fortement les dangers de chablis par les tempêtes d'hiver, lorsque l'arbre est couvert de neige collante ou de givre. C'est tout spécialement sur ces sols hydromorphes qu'il faudra éviter les trouées trop importantes et orientées au secteur ouest, dans les peuplements équiennes surtout.

Signalons qu'en quelques endroits, l'horizon gris clair qui caractérise les sols de fange peut atteindre 1 m d'épaisseur. La croissance de l'épicéa y est très mauvaise, parfois même arrêtée.

La grande pauvreté en réserves nutritives de l'horizon A_2 gris clair milite en faveur de l'application d'engrais (scories basiques) lors de la plantation, afin d'aider la reprise et le départ du jeune plant, qui boude souvent plusieurs années, avant de s'adapter à ce milieu nouveau.

Si par une pratique culturale quelconque, on arrive à assurer une bonne décomposition à l'humus brut tourbeux superficiel (élévation du pH par drainage, chaulage, incinération partielle), il est probable que diminueront les phénomènes de lessivage latéral des sesquioxydes et des bases, tandis que s'intensifiera la pénétration en profondeur d'un humus doux. L'horizon A_2 de gris clair qu'il était prendra lentement une couleur de plus en plus sombre, signe de son enrichissement en colloïdes organiques. En même temps, sa structure, d'abord assez compacte, deviendra grumeleuse. L'acidité du profil diminuera en profondeur, très lentement toutefois car la perméabilité du sous-sol sera toujours très faible. La valeur forestière augmenterait alors fortement.

Eventuellement, ces sols pourraient alors porter des prairies de valeur moyenne, qui se ressentiront favorablement d'applications d'amendements calciques et surtout de scories de déphosphoration. Le drainage souterrain leur sera favorable. Il est cependant recommandé de ne pas placer les drains

à trop grande profondeur, à cause de la perméabilité faible du sous-sol. Toutes les pratiques qui auront comme but l'aération des couches superficielles, comme un hersage vigoureux ou l'emploi du régénérateur seront à conseiller.

La possibilité de mise en valeur de ces sols par la prairie est seulement envisagée du point de vue de l'agronomie théorique. Il est certain que les conditions économiques actuelles et l'éloignement habituel de ces fagnes, ne militent pas en faveur de l'installation de la prairie. Nous n'en prendrons comme preuve que l'enrésinement récent des prarires du petit hameau de Mochamps, situé au cœur de la forêt.

Quant aux sols voisins de fanges, on veillera toujours à les protéger des dégradations microclimatiques.

Sur les types bruns acides où la régénération est encore possible si le tapis herbacé n'est pas trop épais, on peut introduire en mélange avec les feuillus le sapin pectiné. Ce résineux à feuilles tendres sera préféré à l'épicéa qui engendre un humus brut toujours dangereux pour des sols où les phénomènes podzolisants se manifestent facilement.

Par contre sur les types podzoliques, la régénération devient difficile. Le douglas, le sapin pectiné, l'épicéa et le chêne sessile sont susceptibles d'étoffer la forêt tout en fermant les trouées souvent trop larges sur ces types de sols.

BIBLIOGRAPHIE

1. — Poncelet, L. et Martin, H. *Esquisse climatographique de la Belgique.* Mém. Inst. Roy. Météo. Belg., V. XXVII, 1947.
2. — Noirfalise, A. et Galoux, A. *Les étapes de végétation* de *l'Ardenne Belge*, Com. n° 11. Centre de recherches écologiques et phytosociologiques de Gembloux, 1950.
3. — Soil Survey Staff. *Soil Survey Manual.* Washington, D-C, 1951.
4. — Hartmann. *Forstökologie.* Vienne, 1952.
5. — Cline, M. C. *Major kinds of profiles and their relationships in New-York.* S. S. proceedings, April 1953.
6. — Kubiena. *Soils of Europa.* London, 1953.

ÉTUDE MORPHOLOGIQUE ET GÉNÉTIQUE DES SOLS HYDROMORPHES ASSOCIÉS AUX SOLS BRUNS ACIDES ET AUX SOLS PODZOLIQUES DU PLATEAU DE SAINT-HUBERT.

Résumé.

Les sols hydromorphes étudiés sont des sols de plateau.

Deux séquences sont décrites, l'une au départ de sols bruns acides, l'autre de sols podzoliques.

Elles semblent aboutir en général à un profil commun, tant du point de vue morphologique que du point de vue génétique. Quelques analyses tentent de le prouver.

Ces sols hydromorphes sont comparés aux sols hydromorphes décrits par les auteurs étrangers.

Ces sols sont principalement mis en valeur par l'épicéa.

MORPHOLOGISCHE EN GENETISCHE STUDIE VAN DE HYDROMORPHE GRONDEN, GEASSOCIEERD AAN DE ZURE BRUINE EN DE PODSOLACHTIGE GRONDEN VAN DE HOOGVLAKTE VAN SAINT-HUBERT.

Samenvatting.

De bestudeerde hydromorphe gronden zijn plateaugronden. Twee sequenzen werden beschreven, de ene uitgaande van zure bruine bosgronden, de andere van podsolachtige gronden. Ze schijnen in 't algemeen uit te lopen tot een gemeenschappelijk profiel, zowel van morfologisch als van genetisch standpunt uit. Dit wordt bewezen aan de hand van enkele ontledingsuitslagen.

Deze hydromorphe gronden worden vergeleken met hydromorphe gronden beschreven door vreemde auteurs.

Deze gronden worden hoofdzakelijk gevaloriseerd door fijnsparbeplanting.

MORPHOLOGICAL AND GENETICAL STUDY OF HYDROMORPHIC SOILS ASSOCIATED WITH « SOLS BRUNS ACIDES » AND WITH PODZOLIC SOILS ON ST-HUBERT PLATEAU.

Summary.

Hydromorphic soils studied are soils on flat. Two sequences are described, the one from « Sols bruns acides », the other from podzolic soils. Generally, they seam to conduct to a commun profile morphologicaly and geneticaly.

Some analysis try to prove it.

These hydromorphic soils are comparated with hydromorphic soils described by foreign autors.

Principally, they are valorised by épicéas.

MORPHOLOGISCHES UND GENETISCHES STUDIUM DER HYDROMORPHEN BÖDEN IN VERBINDUNG MIT DEN BRAUNEN SAUREN UND PODZOLISCHEN BÖDEN DER HOCHEBENE Von SAINT-HUBERT.

Zusammenfassung.

Die untersuchten hydromorphen Böden sind hochebene Böden.

Zwei Reihenfolgen sind beschrieben ; eine hat die braunen saueren Böden als Ausgangspunkt, die andere die podzolischen Böden.

Sie scheinen im allgemeinen zu einem gemeinsamen Profil zu führen, so sehr vom morphologischem als auch vom genetischem Gesichtspunkt.

Einige Analysen versuchen den Beweis zu liefern.

Diese hydromorphen Böden werden mit hydromorphen Böden verglichen und sind von fremden Schreibern beschrieben worden.

Diese Böden finden hauptsachlich ihre Verwertung durch die Eichte.

STATION DE RECHERCHES DE L'ÉTAT POUR L'AMÉLIORATION DE LA CULTURE DE LA POMME DE TERRE A LIBRAMONT

STATION DE RECHERCHES ZOOTECHNIQUES DE L'ÉTAT A GEMBLOUX

L'ensilage des fanes de pommes de terre

Étude Économique et Valeur Alimentaire (*).

par N. Rigot, L. Nys et R. Lecomte.

Introduction.

La production de plants de pommes de terre pratiquement indemnes de viroses exige la récolte prématurée des tubercules ou la destruction prématurée des fanes avant la grande pullulation des pucerons-vecteurs de virus. Il importe, en effet, de soustraire les tubercules à l'infection par les virus inoculés au feuillage, soit en les récoltant, soit en arrachant ou en détruisant les fanes. La récolte directe des tubercules augmente singulièrement les difficultés de conservation, nuit à la présentation des pommes de terre et, pour ces raisons, n'est pas recommandable. Par ailleurs, le mode de destruction du feuillage n'est pas indifférent. Il résulte de multiples essais effectué à la Station de Libramont que le fauchage des fanes est à proscrire en raison du mauvais état sanitaire des plants récoltés. La pulvérisation d'un produit phytocide ne donne guère de meilleurs résultats. Qui plus est, les traitements par le fauchage et par pulvérisation d'un corrosif ont le plus souvent donné une descendance moins saine que la récolte à maturité complète ! Ce résultat, à première vue paradoxal, peut s'expliquer, tout au moins partiellement, par l'infection des repousses que donnent la plupart des variétés, et spécialement les tardives, après fauchage ou brûlage des fanes. On peut supposer que le nouveau feuillage, constitué de tissus jeunes en pleine croissance, est plus volontiers visité par les vecteurs et, vraisemblablement aussi, plus facilement infecté que les tissus plus âgés des fanes en pleine végétation.

(*) Déposé à la rédaction le 14 mars 1958.

L'arrachage — manuel à défaut de machine — des fanes arrête radicalement la végétation. Ce faisant, on enlève toute la partie active de la plante, la plupart des racines restant adhérentes aux fanes, pour ne laisser dans le sol que les organes de réserve : les tubercules. Le verdissement des tubercules amenés à fleur du sol ne constitue pas nécessairement un mal puisqu'il s'agit de plants mais, au surplus, un léger buttage peut prévenir ce phénomène et empêcher pratiquement toute repousse à partir des quelques racines laissées en terre. L'arrachage manuel des fanes est régulièrement pratiqué sur toutes les multiplications des nouvelles obtentions de la Station de Libramont. De plus, les services de contrôle des plants et semences de l'Office National des Débouchés Agricoles et Horticoles (O. N. D. A. H.) imposent l'arrachage des fanes, à des dates précisées chaque année en fonction de la climatologie, pour les parcelles destinées à la production de plants de « base » (1) c'est-à-dire de classe « Superélite » ou « Élite ».

L'arrachage manuel des fanes demande une certaine habileté, constitue un travail assez pénible et est assez onéreux : un homme défane quelque 10 ares par jour ! Étant donné l'imposante masse verte que représente le feuillage d'un champ de pommes de terre — quelquefois 27 à 30 tonnes à l'hectare ! — il est logique d'envisager une utilisation fourragère. Cette façon de faire compenserait les sacrifices du producteur de plants, accroîtrait les possibilités fourragères de la ferme et stimulerait la production de plants de toute première qualité. Les premiers essais, effectués à la Station de Libramont, en 1956, permirent la mise au point de la technique à appliquer, révélèrent l'entraînement de la solanine dans le jus, et démontrèrent que le produit ensilé, ne présentant aucune nuisance, était bien appété par le bétail. Ces premiers résultats, forts encourageants, nous ont amené à réaliser les études que nous allons exposer.

Chapitre I. — **Modalités d'ensilage.**

1. — *Les silos.*

Dans cet essai ont été utilisés deux silos en treillis métallique, respectivement de 3 et 3,50 m. de diamètre ; le treillis, disposé à même le sol, sert de support au papier bitumé et contient la masse ensilée.

Nous n'avons pu disposer de silos cylindriques de béton, du type permanent ; le treillis a donc été choisi vu son caractère démontable et son prix de revient peu élevé. Il est apparu, à la pratique, qu'il est nécessaire d'enfoncer profondément des pieux, au moins à chaque tiers de la circonférence, pour éviter toute déformation du silo durant le remplissage.

(1) Il s'agit de plants destinés à la production de nouveaux plants contrôlés.

2. — *Les fanes.*

Cent cinquante sept ares de la variété « Record » ont été défanés par arrachage manuel, et non par fauchage ; les racines sont donc présentes dans la masse ensilée.

Les parcelles avaient subi une légère attaque de Phytophtora, qui s'est aggravée sensiblement vers la fin de l'arrachage.

Dix sept tonnes et demi ont été ainsi récoltées ; cette production de ± 11 tonnes à l'Ha est particulièrement faible, comparée surtout aux rendements de 26 tonnes souvent atteints, sinon dépassés.

3. — *Le sucre dénaturé.*

Les résultats observés antérieurement (1) ont prouvé qu'une addition de 3 à 3,5 % de sucre est suffisante pour assurer dès le début de l'ensilage une excellente fermentation lactique. Ce sucre était ajouté sous forme de mélasse (à 50 % de sucre). Vu les inconvénients de manipulation, la mélasse fut remplacée par du sucre dénaturé de composition suivante, exprimée en % de poids sec :

sucre	86,14 %
sel	3,00 %
pailletes de lin	10,34 %
farine de fenugrec	0,52 %
	100,00 %

Dans le silo A, 18 charges de 28 Kgs, soit ± 500 Kgs, ont été mélangées à 11.800 kgs de fanes. (1 charge par 10-15 cm d'épasseur).

Dans le silo B, 8 charges de 30 Kgs, soit 240 Kgs, ont été mélangées à 5.700 Kg de fanes (1 charge par 20 cm d'épasseur). Ces quantités de sucre dénaturé correspondent sensiblement à 3 Kgs de saccharose (sec) par 100 Kgs de fanes fraîches.

4. — *Chargement des silos.*

Le silo A fut chargé en deux fois : un premier tassement ramena en deux jours la hauteur initiale de 1,30 m à 0,85 m. Un second chargement porta la masse à une hauteur de 2,00 m., ramenée à 1,60 m après tassement. La hauteur initiale réelle est donc de 1,30 + (2,00 — 0,85) = 2,45 m.

Le % de tassement « apparent » est de 35 % environ. Cette expression du tassement est erronée car celui-ci résulte également d'un départ de matière soit par écoulement, soit par évaporation. Nous reviendrons plus loin sur ce point.

(1) L. Nys. Étude sur l'ensilage de fanes de pommes de terre. *Bull. Inst. Agron. Gembloue*, T. XXIV, n° 4, 1956 (516-532).

Le silo B fut rempli en une seule fois ; la hauteur initiale de 1,60 m fut ramenée à 1,30 m par tassement.

Le % de tassement « apparent » est ici de 19 % environ.

Sans perdre de vue la remarque précédente, on constate que le tassement du silo B est moins parfaite que celui du silo A. De prime abord, il y aurait donc intérêt — pour parfaire un tassement « naturel » — de charger un silo en deux ou plusieurs fois.

Contrairement à ce qui doit être fait normalement, aucun des deux silos ne fut couvert d'une épaisse couche de terre nécessaire à un tassement et une expulsion d'air efficaces.

5. — *Conditions d'ensilage.*

Au départ, on pouvait affirmer que les conditions idéales de bonne fermentation étaient loin d'être remplies :

— silos posés à même le sol (terre battue) ; absence de drain inférieur facilitant l'écoulement ;

— herméticité relative ;

— tassement peu accentué dû aux racines et à l'absence de couverture de terre.

Non seulement l'expulsion d'air est imparfaite, mais des rentrées sont possibles par « aspiration », vu le départ d'une certaine quantité de jus.

A l'actif des conditions d'ensilage, les quantités de sucre dénaturé mélangées aux fanes sont de nature à assurer dès le début une bonne fermentation lactique.

La mise en silos fut terminée vers le 15 août ; les fanes furent ainsi conservées durant quatre mois environ avant d'être distribuées aux bêtes soumises à l'essai d'alimentation (15 décembre).

CHAPITRE II. — **Étude analytique des silages.**

1. — *Composition des fanes mises en œuvre.*

Bien que la totalité des fanes soit de la même variété et provienne de parcelles identiques, il nous parut préférable d'effectuer les déterminations habituelles sur des échantillons séparés du silo A et du silo B. Les compositions ne pouvaient évidemment différer fortement (tableau I).

Pour permettre la comparaison avec d'autres fanes, les teneurs ont été également exprimées en % de matière sèche « exempte de sable » ; en effet, les conditions atmosphériques du moment sont déterminantes non seulement de la quantité d'eau présente dans les fanes mais également de l'état de souillure de celles-ci par la terre.

Les teneurs en extrait éthéré sont notablement plus élevées que celles déjà observées antérieurement : 3,9 et 2,8 % contre 1,33 %. Les pourcentages de cendres sont également plus importants : 18,9 et 19,9 % contre 16,9 %. Les autres constituants sont à peu près identiques ; les fanes utilisées dans cet essai sont donc notablement plus pauvres en hydrates de carbone — déterminés par différence : 37,4 et 36,3 % contre 41,97 %. Les racines sont bien entendu de nature à provoquer les différences constatées.

TABLEAU I

Composition des fanes mises en oeuvre.

	Silo A			Silo B		
	Matière fraîche	Matière sèche	Fanes exemptes de sable	Matière fraîche	Matière sèche	Fanes exemptes de sable
Mat. prot. tot.	1,66 %	13,15 %	16,60 %	1,93 %	13,83 %	17,4 %
Cellulose	2,32	18,39	23,20	2,63	18,85	23,60
Extrait éthéré	0,39	3,09	3,90	0,31	2,22	2,80
Cendres	1,89	15,00	18,90	2,23	15,92	19,90
Sable	2,61	20,70	—	2,82	20,18	—
Hyd. de C.	3,74	29,67	37,40	4,05	29,00	36,30
Mat. sèche	12,61	100,00	100,00	13,97	100,00	100,00
Eau	87,39	—	—	86,03	—	—
	100,00	—	—	100,00	—	—

2. — *Composition des mélanges initiaux.*

Un mélange analytiquement homogène des fanes et du sucre dénaturé est pratiquement irréalisable ; de plus, l'écoulement — qui commence déjà en cours de chargement — en modifie déjà la constitution. La composition initiale du mélange sera donc déterminée par calculs : pour ce faire, nous connaissons quantités et teneurs des constituants (tableaux II et III).

3. — *Composition des silages en fin de conservation.*

La composition finale des silages fut déterminée sur des échantillons moyens, prélevés en différents endroits de la masse à l'aide d'une sonde ad hoc, et ce, au début de l'essai d'alimentation proprement-dit (4 mois de conservation).

TABLEAU II.

Composition initiale et finale du silo A.
Pertes subies durant la conservation.

	Composition initiale		Composition finale		Variation (Kg)	Perte %
	Matière totale	Matière sèche	Matière totale	Matière sèche		
Mat. prot. tot.	1,59	10,22	2,33	11,4	(+0,06)	—
Cellulose	2,58	16,59	3,64	17,8	—	—
Extrait éthéré	0,37	2,38	1,22	6,0	+0,50	—
Cendres	1,93	12,42	2,76	13,5	(+0,02)	—
Sable	2,50	16,08	4,35	21,2	+0,58	—
Hydr. de C.	6,58	42,31	6,15	30,1	—2,21	33,6 %
Mat. sèche	15,55	100,00	20,45	100,00	—1,05	—
Mat. volatiles	—	—	1,13	—	+0,80	—
Eau	84,45	—	78,42	—	—28,85	34,2 %
	100,00	—	100,00	—	—	—

TABLEAU III.

Composition initiale et finale du silo B.
Pertes subies durant la conservation.

	Composition initiale		Composition finale		Variation (Kg	Pertes %
	Matière totale	Matière sèche	Matière totale	Matière sèche		
Mat. prot. tot.	1,85	10,98	2,41	12,01	0	—
Cellulose	2,88	17,10	3,75	18,69	0	—
Extrait éthéré	0,30	1,78	0,55	2,74	+0,12	—
Cendres	2,25	13,35	2,78	13,86	—0,12	—
Sable	2,71	16,08	5,12	25,52	+1,22	—
Hydr. de C.	6,86	40,70	5,45	27,18	—2,68	39%
Mat. sèche	16,85	100,00	20,06	100,00	—1,45	—
Mat. volatiles	—	—	2,19	—	+1,68	—
Eau	83,15	—	77,75	—	—23,43	28%
	100,00	—	100,00	—	—23,2	—

On constatera une légère différence entre les compositions finales des silos, trop faible cependant pour entraîner une modification de la ration en cours d'essai.

4. — *Détermination des pertes.*

Dans l'étude antérieure dont question plus haut, nous avions précisé les conditions mathématiques d'une étude comparative.

Ces conditions permettraient :

— de déterminer les pertes subies par un silo donné avec une précision relative mais suffisante.

— de comparer des silos différents quant à leur contenu initial et leurs conditions de fermentation.

C'est ainsi que :

— matières protéiques totales et ammoniac sont exprimés séparément ;

— les hydrates de carbone — y compris le saccharose, de détermination malaisée dans les fanes — sont déterminés par différence ;

— la matière sèche est augmentée des éléments volatils : NH_3, acides butyrique et acétique, le calcul des pertes en eau est ainsi plus exact.

Le rapport des teneurs initiale et finale en cellulose — considérée comme stable — permet l'évaluation approchée de la perte subie par 100 Kg de mélange initial. Cette perte est due à l'action cumulative de trois facteurs : écoulement, évaporation et fermentation.

Nous calculons de la sorte :

— pour le silo A :

$$100 - \frac{2{,}58 \times 100}{3{,}64} = 29{,}100 \text{ Kg de perte en poids.}$$

— pour le silo B :

$$100 - \frac{2{,}88 \times 100}{3{,}75} = 23{,}200 \text{ Kg de perte en poids.}$$

Il est ainsi possible de déterminer — toujours de manière approchée — les variations subies par chacun des éléments qui constituent la masse.

a. — Hydrates de carbone.

Les pertes subies par les deux silos en hydrates de carbone sont assez conséquentes.

Le silo A a perdu 33,7 % de la quantité initiale ; le silo B 39 %.

Dès à présent, les conditions de conservation se révèlent moins bonne pour B que pour A. Il faut cependant attirer l'attention sur le fait que ces pertes sont moins élevées que celles observées dans nos essais antérieurs ;

année 1954 : 52 et 60 %.
année 1955 : 45 et 54 %.
année 1956 : 33,6 et 39 %.

Cette amélioration constante des pertes subies en hydrates de carbone doit être attribuée au broyage moins poussé de la masse — les cellules ne peuvent être atteintes — et par un tassement suffisant mais sans excès ; ce facteur « tassement » sera repris plus loin.

b. — Eau.

Il est connu que l'augmentation de la teneur en matière sèche d'un silage est favorable à une bonne fermentation.

Le silo A a perdu 34,2 % de l'eau initiale ; le silo B, 28 %. Ici encore, A l'emporte sur B : chargé en deux fois, le tassement a été meilleur et l'expulsion d'air ainsi plus conséquente.

c. — Matières protéiques.

Dans cet essai, les pertes ont été trop faibles pour être décelées par notre méthode de calcul : elles seraient nulles dans le silo B, et même négatives (augmentations de 0,06 Kg) dans le silo A, ce qui constitue évidemment une impossibilité.

Quoi qu'il en soit, le premier silo, de façon reative, l'emporte une nouvelle fois.

Les variations en cendres présentent peu d'intérêt.

5. — *Étude du tassement.*

Dans la plupart des cas, le tassement observé dans un silo se détermine par le simple rapport entre la diminution de hauteur de la masse ensilée et la hauteur initiale de celle-ci.

Nous obtenions de la sorte pour l'essai dont question :

tassement apparent du silo A : 34,5 %.
» » du silo B : 18,5 %.
Silo B = 100 / silo A = 186.

Cette façon de faire ne peut convenir pour les fanes de pommes de terre, surtout si les racines sont présentes.

Le premier but du tassement est de provoquer la disparition des poches d'air du sein de la masse ; il doit donc correspondre, de fait, à une augmentation de densité de celle-ci. Une perte en hauteur, et donc de volume, n'indique rien par elle-même puisqu'elle est en partie la résultante d'un départ d'eau et de matière sèche. La notion de tassement doit donc être intimement liée à celle de densité.

TABLEAU IV.

Étude du tassement.

	État initial		État final	
	Silo A	Silo B	Silo A	Silo B
Diamètre	3,50m	3,00 m	3,50 m	3,00 m
Hauteur	2,45 m	1,60 m	1,60 m	1,30 m
Volume	23,600 m³	11,300 m³	15,400 m³	9,200 m³
Poids total	12,300 Kg	5.490 Kg	8.700 Kg	4.560 Kg
Densité	+ 520 Kg/m³	+ 525 Kg/m³	565 Kg/m³	495 Kg/m³

Les tassements réels, basée sur les densités, sont les suivants :

Silo A : 100 × 565/520 = 108 %, soit un tassement « positif » de 8 %.

Silo B : 100 × 495/525 = 94,5 %, soit un tassement «négatif», de 5,5 %.

Cela nous éloigne fortement des tassements apparents déterminés antérieurement, pour le silo A, nous retombons de 34,5 à 8 % ; quant au silo B, nous constatons que sa densité finale est plus faible : donc, pas de tassement ni d'expulsion d'air ; bien au contraire, une introduction d'air s'est produite qui ne pouvait qu'handicaper de manière sensible les conditions de bonne fermentation.

Le tassement de (A) est supérieur de 15 % à celui de (B), fait dû uniquement à son chargement en deux reprises.

De toute manière, la densité maximum atteinte au cours de cet essai est relativement faible ; la densité moyenne de fanes bien tassées peut atteindre 800 Kg. Ce poids constitue un maximum qu'il n'est pas nécessaire d'atteindre ; un minimum de 550 à 600 Kg doit à notre avis être obtenu pour réaliser une des conditions les plus importantes d'un bon ensilage de fanes.

6. — *La fermentation proprement-dite.*

Les déterminations habituelles relatives à l'étude de la fermentation proprement-dite ont donné les résultats suivants :

	Silo A	Silo B
Tassement	115	100
pH	3,75	4,60
Rapport ammonical	8,3 %	14,5 %
Ac. Buryrique	0,044 %	0,57 %
Ac. Lactique	1,78 %	0,76 %
Ac. Organiques totaux	2,49 %	2,06 %
Extrait éthéré	+0,50 Kg	+0,12 Kg
Eléments volatils (NH_3 + ac. But. + ac. acét.)	+0,80 Kg	+1,68 Kg

Manifestement, le silo A a réalisé les meilleures conditions de fermentation : pH plus acide, rapport ammoniacal plus facile, acide butyrique pratiquement absent. Or, les silos ne différaient entre eux ni par la qualité des fanes, ni par le % de sucre dénaturé ajouté ; seul, le facteur « tassement » est intervenu.

Venant confirmer encore ces observations, l'augmentation de la teneur en extrait éthéré — où une grande partie de l'acide lactique formé se retrouve — est plus important (+ 0,50 Kg contre 0,12 Kg), tandis que celle de la teneur en éléments volatils est plus faible (0,80 contre 1,68 Kg).

7. — *Conclusions générales.*

Les pertes observées dans cet essai sont sensiblement plus faibles que celles constatées antérieurement.

Le type de silo utilisé — treillis et papier bitumé — peut donc convenir. Le manque de rigidité de l'installation lors du tassement peut être évité par des piquets judicieusement placés. Les abords des silos sont fâcheusement souillés par l'écoulement du jus ; un drain circulaire aboutissant à un collecteur peut pallier à cet inconvénient. L'addition de 3 Kg de sucre (sec) par 100 Kg de fanes fraîches s'est révélée une fois de plus suffisante. Le sucre dénaturé peut remplacer la mélasse ; le point de vue économique sera déterminant du choix, et sera envisagé plus loin.

L'intérêt de cet essai, du point de vue fermentation proprement dite, réside dans la mise en lumière des effets propres au tassement. Il y a un optimum à atteindre mais à ne pas dépasser si l'on veut d'une part réduire les rentrées d'air, et d'autre part diminuer les pertes importantes provoquées par l'écoulement. Une densité finale de la masse de 500 à 600 Kg/m^3 nous paraît réaliser cet optimum.

La méthode approchée de détermination par calcul analytique du bilan des silages se révèle une fois de plus largement suffisante pour juger de la réussite d'un silage ou pour comparer plusieurs silages obtenus dans des conditions différentes.

CHAPITRE III. — **Essai d'alimentation** (1).

L'essai pratique d'alimentation à base d'ensilage de fanes de pommes de terre a porté sur 10 vaches de la race pie rouge de Campine, réparties en deux groupes de 5 bêtes.

La répartition des animaux n'a pu être faite au gré des auteurs et ce, pour des raisons d'organisation interne de la ferme où avaient lieu les

(1) Cet essai d'alimentation a pu être réalisé grâce à la collaboration précieuse et efficace de la ferme de l'École d'Agriculture de CARLSBOURG. Que son Directeur, le Frère Marcel, trouve ici l'expression de nos plus vifs remerciements.

essais ; on verra plus loin, lors de l'interprétation statistique, qu'un groupe a donné des résultats plus favorables que l'autre.

La ration de base que recevaient les animaux était composée comme suit :

Ensilage d'herbe	20 à 25 Kgs.
Betteraves	7 Kgs.
Foin	6 à 8 Kgs.

Suivant la production individuelle des animaux, il était distribué une quantité de mélange de farine d'orge et d'avoine d'une part et de tourteaux à 34 % de protéines brutes d'autre part. Ces concentrés étaient répartis selon le plan de rationnement suivant :

		Farine	Tourteaux
Bêtes taries ou produisant moins de 7 litres	Ration de base	—	—
Bêtes produisant 9 litres	»	1	—
» » 12 »	»	2	—
» » 15 »	»	3	—
» » 18 »	»	3	1
» » 21 »	»	4	1
» » 24 »	»	4	2

On trouvera dans le tableau V l'analyse des différents composants de cette ration.

Une première période préparatoire d'une durée de 6 semaines, permit de mesurer, par contrôle hebdomadaire, la production en litres de chaque bête.

Pendant une seconde période de 6 semaines également, le groupe 1 reçut de l'ensilage de fanes de pommes de terre en lieu et place de l'ensilage d'herbe, cependant que le groupe 2 continuait à être alimenté à l'ensilage d'herbe.

TABLEAU V.

Analyse des composants de la ration (1).

	Herbes ensilées	Farine	Foin	Tourteaux	Betteraves
Mat. Prot. tot.	2,19 %	9,85 %	9,40 %	34,30 %	1,15 %
Prot. brutes digest.	1,20	7,90	5,64	28,20	0,78
Cellulose	5,08	7,40	25,00	6,98	0,70
Extrait éthéré	0,66	2,49	1,25	3,74	0,03
Cendres solubles	1,77	2,96	5,13	3,87	1,07
Sable (cendres in.)	1,16	2,23	2,16	4,02	0,20
Hydrates de C.	6,42	60,11	32,77	34,29	6,50
U. F.	6,42	1	0,46	1,1	0,10
Matière sèche	17,28	85,04	75,71	87,20	9,65

(1) Pour la composition des fanes, voir les tableaux II et III.

Pendant une troisième période, de 5 semaines cette fois, les attributions des deux groupes furent inversées, le groupe 1 recevant à nouveau de l'ensilage d'herbe pendant que le groupe 2 recevait de l'ensilage de fanes de pommes de terre.

Le contrôle de production fut poursuivi durant toute la durée de l'essai y compris trois semaines supplémentaires précédent immédiatement le retour en pâture.

On voit que le seul élément qui ait varié dans l'alimentation est l'ensilage. Cette façon de faire nous permet donc d'analyser les résultats avec, pour objectif, la question de savoir s'il y a une différence significative entre la valeur alimentaire des deux ensilages, l'ensilage d'herbe étant pris comme base de référence.

On trouvera ci-après un tableau reprenant les contrôles hebdomadaires (Tableau VI).

Il convient de signaler que l'appétence pour l'ensilage de fanes peut être considérée comme bonne, les bêtes ayant changé d'alimentation sans marquer de dégoût particulier. Notons, d'autre part que, des deux ensilages de fanes, le mieux apprêté fut celui du silo B : il contenait le taux le plus élevé d'acide butyrique et atteignait un pH de 4,60.

Chapitre IV. — **Étude des résultats.**

1. — *Analyse statistique* (1).

Le plan expérimental initialement choisi est du type appelé « change over design » dans la littérature de langue anglaise (2). Selon cette méthode, il suffit, pour comparer deux alimentations, de les appliquer alternativement pendant deux périodes consécutives à deux lots de vaches, comportant tous deux le même effectif. Dans ces conditions, l'analyse statistique consiste en une simple comparaison des deux lots, et est donc basée uniquement sur les observations effectuées pendant les deux périodes d'essais (périodes II et III).

Cependant, certaines bêtes choisies pour l'expérience d'alimentation se trouvaient en fin de période de lactation et n'ont pas donné de résultats complets : il en est ainsi des vaches n° 2-6-8-10, qui ne peuvent dès lors être prises en considération dans l'analyse statistique. Après cette élimination, le second groupe ne contient plus que deux bêtes et, du fait de l'inégalité des effectifs des lots, l'analyse classiquement adoptée pour des plans du type « change-over design » n'a pu être appliquée.

(1) Cette partie a été redigée par Monsieur Dagnelie P., Assistant à la chaire de Mathematiques de l'Institut Agronomique de Gembloux (Prof. Mr Teghem), que nous remercions vivement pour sa précieuse collaboration.

(2) Cf. notamment : Lederer, W. T. Experimental designs. Wiley 1955 (p. 439).

TABLEAU VI. — **Taux laitiers observés pendant l'essai d'alimentation.**

(Les périodes d'alimentation à base d'ensilage de fanes sont encadrées).

Période		I						II						III					IV		
Semaine		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Premier groupe 1	(*)	17,7	18,0	18,0	18,0	16,7	17,3	15,3	16,5	15,1	12,2	13,5	14,2	13,8	13,2	14,7	12,2	14,5	13,2	12,5	14,2
2		11,9	13,5	12,9	13,5	12,7	11,7	8,7	7,5	8,4	6,2	4,7	3,7	—	—	—	—	—	22,7	26,2	25,2
3	(*)	23,7	25,2	25,2	24,7	24,9	24,0	22,9	23,4	21,8	19,0	18,7	19,9	20,2	19,0	18,7	16,2	16,7	17,2	17,2	18,2
4	(*)	10,7	12,2	11,0	11,2	11,2	10,9	11,0	11,2	10,8	10,2	10,2	9,2	10,7	10,2	9,3	9,2	9,2	8,9	10,2	9,9
5	(*)	19,2	20,2	18,9	21,0	18,5	17,6	17,3	17,0	17,5	17,3	17,2	17,0	15,3	16,7	16,0	15,2	15,2	15,9	16,7	14,7
Deuxième groupe 6		11,3	12,0	10,5	12,0	10,7	10,2	10,3	9,7	9,5	6,7	6,4	5,2	6,4	4,2	0,5	—	—	—	—	—
7	(*)	10,2	10,5	9,5	12,0	10,2	9,2	9,2	9,0	9,5	8,7	8,0	8,2	7,2	5,4	4,7	4,4	4,7	5,2	6,7	7,0
8		6,0	5,2	3,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18,5	21,5	18,2	19,7	15,7
9	(*)	9,7	10,4	10,5	12,0	11,2	10,2	10,2	10,5	10,0	10,0	10,0	10,0	9,0	8,0	7,2	1,5	1,7	4,2	5,2	4,1
10		10,2	10,2	9,9	12,6	9,9	8,5	9,0	8,0	6,8	5,9	4,9	4,7	3,5	2,0	1,2	-	—	—	—	—

(*) Bêtes faisant l'objet d'une étude statistique complète.

Finalement, il a fallu se contenter de comparer, pour chaque bête prise individuellement, le taux laitier observé pendant la période d'alimentation à base de fanes au taux mesuré avant et après cette période alors que la ration est essentiellement composée d'herbes ensilées. Mais, là encore, une difficulté a surgi : pour les deux vaches restantes du deuxième groupe, on observe une baisse du taux laitier pendant la période III (fanes ensilées) et, ensuite, un relèvement de la lactation pour l'une (n° 7), et le maintien à un taux particulièrement bas pour l'autre (n° 9).

Or, il est dangereux de se contenter d'une période de trois semaines pour juger si la lactation revient à un taux normal après le retour à l'alimentation à base d'herbe c'est-à-dire pour juger si la baisse de lactation observée pendant la période III est due à l'alimentation.

Les conclusions que l'on pourrait tirer de l'examen des résultats relatifs à ces deux bêtes étant de ce fait sujettes à caution, l'essentiel de nos conclusions proviendra donc de l'étude des résultats obtenus pour le premier groupe, la période d'alimentation à base de fanes étant dans ce cas parfaitement entourée de deux longues périodes d'alimentation à base d'herbe.

a) *Calcul des droites de régression* :

Pour pouvoir comparer les taux laitiers observés pendant la périodes d'alimentation à base de fanes à ce qu'ils auraient été si la ration à base d'herbe avait été maintenue il est nécessaire d'ajuster une courbe de régression aux données recueillies pendant l'alimentation en ensilages d'herbe. L'examen des graphiques montre qu'une régression linéaire est satisfaisante.

Pour chacune des bêtes la technique de calcul est alors la suivante :

soient n_h le nombre total de semaines d'alimentation à base d'herbe (période « h ») ;

n_f le nombre de semaines d'alimentation à base de fanes (période «f») ;

x les numéros d'ordre des semaines ;

$\bar{x}_h$ le numéro d'ordre moyen de la période « h » ;

$\bar{x}_f$ le numéro d'ordre moyen de la période « f » ;

y_x les taux laitiers observés ;

y_h le taux laitier moyen de la période « h » ;

$\bar{y}_f$ le taux laitier moyen de la période « f » ;

y_1 (x) les taux laitiers calculés à partir des droites de régression ;

b les coefficients de régression, caractérisant la vitesse de décroissance du taux laitier ($b = -0.1$ indique une baisse moyenne hebdomadaire de 0.1 litre).

Pour le premier groupe, on a

$n_h = 14$, $n_f = 6$, $\bar{x}_h = \dfrac{\Sigma x}{n_h} = 10{,}93$ et, pour chacune des vaches,

$\bar{y}_h = \dfrac{\Sigma y_x}{n_h}$, $b = \dfrac{\Sigma (x - \bar{x}_h)(y_x - y_h)}{\Sigma (x - \bar{x}_h)\ 2}$, les sommes Σ s'étendant à toutes les semaines « h », et enfin

$$y^1 - \bar{y}_h = b(x - \bar{x}_h), \text{ ou } y^1 = bx - b\bar{x}_h + y_h.$$

Les résultats obtenus sont présentés au tableau VII et les droites de régression sont dessinées à la figure I.

TABLEAU VII. — **Analyse statistique des résultats.**

	Calcul des droites de régression			Test-t par couples sur les moyennes			Test-t sur les valeurs individuelles		
Vaches	$\bar{y}_h$	b	y^1	$\bar{y}_f$	y^1 (9.5)	d	$\bar{z}_f$	$\bar{z}_h$	t
1	15 29	—0,291	18 47 — 0 291 x	14 47	15,70	1,23	1,23	0,00	2.54
3	20,79	—0,488	26,12 — 0,488 x	20,95	21 49	0.54	0,54	0,00	0,94
4	10,34	—0,111	11.56 — 0,111 x	10 43	10,50	0,07	0,07	0,00	0,25
5	17,22	—0,258	20,04 — 0,258 x	17, 22	17,59	0,37	0,37	0,00	0,93

b. *Test-t par couples sur les moyennes* :

Un premier test statistique permet de comparer les valeurs moyennes observées au cours de la période d'alimentation à base de fanes (y_f) aux valeurs correspondantes, lues sur la droite de régression au milieu de cette période, c'est-à-dire pour x = 9.5 (Tableau VII). On constate que les différences d'entre les valeurs théoriques y' (9,5) et les valeurs observées du taux laitier moyen $\bar{y}_f$ sont toujours positives, ce qui semble indiquer que l'alimentation à base de fanes à régulièrement provoqué une diminution du taux laitier. Le test-t par couples permet de voir si les différences d s'écartent significativement de zéro, c'est-à-dire si la baisse du taux laitier est significative.

On a : $\bar{d} = \dfrac{\Sigma d}{n} = 0.55$ litre, avec n = 4,

et $t = \dfrac{\bar{d}}{\sqrt{\dfrac{\Sigma (d - \bar{d})^2}{n(n-1)}}} = 2{,}24$, les sommes s'étendant dans ce cas aux 4 valeurs observées.

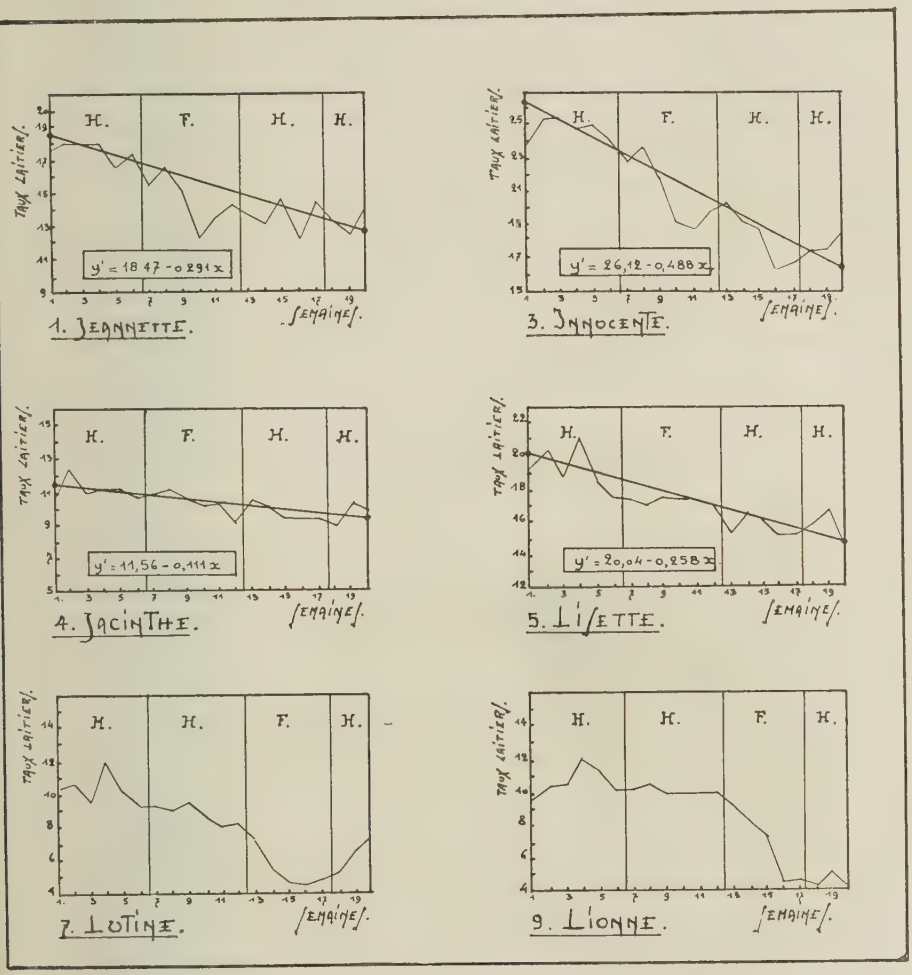


FIG. 1

Si l'on admet la normalité de la distribution des différences d et l'indépendance des 4 valeurs observées, la variable t est distribuée selon la loi de Student avec 3 degrés de liberté (4 — 1), et n'atteint par le niveau de signification de 5 % (t = 3.18). Dans l'ensemble, les taux laitiers observés ne s'écartent donc pas significativement des taux laitiers théoriques.

Des résultats équivalents ont été obtenus.

1° en appliquant le même test aux données de chacune des 6 semaines de la période d'alimentation à base de fanes (comparaisons des y_7 aux $y^1(7)$, des y_8 aux $y^1(8)$, etc.) ;

2° En comparant de la même façon les moyennes $\frac{y_{10} + y_{11} + y_{12}}{3}$ des semaines 10 à 12 aux valeurs théoriques y' (11) ; les différences observées étant les plus grandes pendant ces trois semaines ;

3° En appliquant également le test-t par couples aux résultats obtenus dans les 2 lots (6 bêtes).

c. *Test-t sur les valeurs individuelles* :

Pour donner plus de précision à l'analyse statistique, nous avons calculé également tous les écarts individuels z entre les droites de régression y^1 (x) définies ci-dessus et les taux laitiers observés y_x, et nous sommes proposé de voir si ces écarts diffèrent significativement d'une période à l'autre. Dans ce but, l'égalité des moyennes de ces écarts pour les périodes I, III et IV d'une part ($\bar{z}_h$) et pour la période II d'autre part ($\bar{z}_f$) a été testée par la méthode de Student, le test-t étant appliqué individuellement à chacune des bêtes étudiées.

On a : $\bar{z}_h = \frac{\Sigma z}{n_h}$, $\bar{z}_f = \frac{\Sigma z}{n_f}$, les sommes s'étendant respectivement à toutes les semaines « h » et à toutes les semaines « f », et enfin :

$$t = \frac{\bar{z}_f - \bar{z}_h}{\sqrt{\Sigma_f (z - \bar{z})^2 + \Sigma_f (z - \bar{z})^2}} \sqrt{\frac{n_f . n_h (n_f + n_h - 2)}{n_f + n_h}}$$

Ayant vérifié l'égalité des variances des écarts z au cours des différentes périodes, et en supposant en outre que la distribution de ces écarts est normale, nous pouvons admettre que les variables aléatoires t ainsi définies sont distribuées selon la loi de Student avec 18 degrés de liberté (6 + 14 — 2). On constate dans ces conditions que le niveau de signification de 5 % (t_0 = 2,10) est dépassé dans un cas sur quatre (n° 1).

Cette conclusion est confirmée par l'analyse de la variance à deux facteurs avec interaction, qui a également été appliquée aux écarts z (effets principaux : vache et période d'alimentation), et par l'étude globale des résultats obtenus dans les deux lots (6 bêtes).

2. *Conclusions.*

Dans les conditions de l'expérience entreprise, les tests statistiques utilisés ne permettent donc pas de montrer l'existence d'une différence significative globale entre l'alimentation à base de fanes et l'alimentation à base d'herbe, au point de vue de la production laitière (test-t par couples). Néanmoins, une telle différence apparaît en particulier chez une des quatre bêtes étu-

diée statistiquement (test-t sur les valeurs individuelles), rien ne prouvant d'ailleurs que cette baisse significative du taux laitier soit due aux fanes.

Du point de vue pratique, l'étude statistique n'empêche nullement d'attribuer aux fanes une valeur alimentaire équivalente à celle d'un silage d'herbe.

Chapitre V. — Composition minérale de la ration.

On trouvera ci-après le taux exprimé en milligrammes par kilo de matière sèche de 3 éléments importants. Ces analyses portent sur les aliments utilisés au cours de l'essai d'alimentation.

Composition minérale des aliments en mgr/Kg. M. S.

	P	Ca	Mg	K	Na	Fe	Cu	Mn
Silabe herbe	3.640	11.210	2.130	28.205	4.702	1.030	11,6	135
Silo I	1.757	21.168	3.375	28.437	2.897	8.524	12,2	449,5
Silo II	1.940	21.323	3.596	28.657	2.430	9.908	15,0	462,5
Betteraves	2.824	2.305	1.458	41.541	11.277	2.584	21,3	115,3
Foin	3.173	8.240	1.514	26.035	4.437	526	8,8	61,3
Farine	6.267	12.360	1.248	95.742	5.613	329	39,7	49,3
Tourteaux	8.088	16.457	4.024	14.183	2.002	783	33,3	90,5

La ration d'une bête produisant 15 litres de lait et nourrie suivant le plan de rationnement prévu lui apporte donc les quantités reprises ci-après :

	P	Ca	Mg	K	Na	Fe	Cu	Ca/P
Besoins théoriques (mgr)	36.500	52.500	16.000	55.000	23.000	250	70	1,44
Apports réels de la ration à base d'ensilage d'herbe (mgr)	50.986	125.198	21.595	310.473	67.333	9.833	344	2,45
id. à base d'ensilage de fanes (mgr)	44.257	177.096	29.407	327.600	61.583	50.372	365	4,—

Comme on le voit, les besoins théoriques sont très largement couverts dans les deux cas. Remarquons toutefois que le rapport Ca/P de la ration à base d'ensilage de fanes de pommes de terre est nettement plus élevé que celui de la ration à base d'ensilage d'herbe. Il sera donc indiqué de

prévoir un léger supplément du régime en phosphore sous forme de Phosphate de Sodium par exemple.

Dans les deux cas, les apports de Potassium sont très nettement excédentaires. Cette situation est commune à la plupart des rations et ne présente aucun inconvénient.

On remarquera d'autre part le taux en Fer très élevé de l'ensilage des fanes de pommes de terre. La cause en est que les fanes sont, lors des opérations de ramassage, souillées par de la terre riche en fer. Il s'agit donc ici d'un salissage accidentel lié aux conditions météorologiques lors de la récolte.

Notons enfin l'intérêt que présente le taux de calcium élevé de l'ensilage de fanes de pommes de terre. Cette caractéristique en fait un aliment de choix dans l'alimentation des laitières si on prend garde à régler les apports de phosphore de manière à assurer un apport Ca/P de l'ordre de 1,5 à 2.

Chapitre VI. — **Considérations économiques.**

S'il est déjà malaisé d'établir un prix de revient dans un cas bien défini, il est plus difficile encore d'établir « un prix de revient moyen », valable pour ce qu'on appelle, sans autres précisions, des conditions normales de travail. Trop de facteurs entrent en jeu, qui varient d'un cas à l'autre. Ainsi, lors des recherches visant la mise au point de méthodes d'ensilage, à la Station de Libramont, on relève une production de fanes fraîches, récoltées par fauchage et non par arrachage, de 27 tonnes à l'hectare... alors que dans l'essai dont les résultats sont rapportés ici, la production est seulement de 11 tonnes à l'hectare — racines comprises puisqu'il s'agit d'arrachage manuel — ; selon notre expérience, il s'agit d'une production anormalement basse. De plus, dans le cas présent, le transport est spécialement onéreux, puisqu'il fallut aller chercher les fanes dans quatre parcelles distantes de 2 à 6 km (deux parcelles se trouvaient à 5 et 6 Km !)... . Néanmoins, il nous a paru intéressant d'établir d'abord le coût de l'ensilage dans le cas présent ; ensuite, nous apporterons les correctifs nécessaires compte tenu des conditions plus normales.

1. — *Prix de revient de l'ensilage de Carlsbourg.*	Par 100 Kgs de fanes fraîches.
a. *Arrachage normal* :	
Mains d'œuvre : 30 Fr/heure (1 homme défane 1 à 1,15 are à l'heure)	
Rendement : 110 Kg/are, soit	23,70 Fr
b. *Ramassage et chargement* :	
22 heures d'ouvriers sont nécessaires pour le chargement de 17,5 tonnes de fanes, ce qui correspond à une manipulation de + 800 Kg/heure, soit	3,75 Fr

c. *Transport* :
L'heure de tracteur, avec remorque, et deux hommes est estimée à 105 Fr.
17,5 tonnes de fanes ont demandé ± 8 heures, soit 4,90 Fr

d. *Mise en silo* :
La durée de la mise en silo comprend :
— le passage des fanes dans le Silorator non muni des plaques de lacération.
— l'addition et le mélange du sucre dénaturé et, éventuellement, la couverture du silo
Le traitement moyen est de 500 Kg de fanes par heure et par homme, soit 6,00 Fr

e. *Carton bitumé pour couverture.*
Le montant total pour l'essai dont question est de 200 Fr, soit 1,15 Fr

f. *Sucre dénaturé.*
Achat : 5,65 Fr/kg à 86,13% de sucre
Taxes : 0,28
Transport : 1,23
Total : 7,16 Fr, soit 8,30 Fr le Kg de sucre pur, dont 3 Kg sont nécessaires, soit 24,90 Fr

g. *Divers* :
Amortissement de l'ensileuse :
La capital (30.000 Fr) est amortissable en 8 ans.
Chaque année, la production de 20 Ha — de spéculations diverses — est traitée par cette machine.
L'amortissement par Ha est donc de 187,50 Fr.
Dans ce cas : 1,57 Ha pour 17,5 tonnes, soit 1,70 Fr

Force motrice :
500 Kgs de fanes demandent le fonctionnement de la prise de force d'un tracteur de 25-35 CV pendant 1 heure (45 Fr), soit 9,00 Fr

Mise en place de l'appareillage :
3 heures de main d'œuvre à 30 Fr/H pour 17,5 T. soit 0,50 Fr

Amortissement des silos (en treillis) :
Ce type de silo est amortissable en 3 années.
Le coût global des deux silos utilisés fut de 3.837 Fr (pour 17,5 T.), soit 7,30 Fr

Prix de revient de 100 Kg de fanes fraîches 82,90 Fr

2. — *Calcul théorique d'un prix de revient « normal ».* Par 100 Kg de fanes fraîches.

1) *Arrachage manuel* : nous supposons une produ tion — encore faible ! — de 15 tonnes de fanes à l'hectare 17,30 Fr

2) *Chargement* : (frais inchangés) 3,75 Fr

3) *Transport* : Dans les conditions de travail à la Station de Libramont champ à 500 m. du lieu d'ensilage, un tracteur avec remorque et 2 hommes transportent trois charges de 1300 Kg de fanes par heure (105 Fr/H), soit 2,70 Fr

4) *Mise en silo* : (frais inchangés)	6,00 Fr
5) *Couverture du silo* : (frais inchangés)	1,15 Fr
6) *Sucre dénaturé* : (frais inchangés)	24,90 Fr
7) *Divers* : — Amortissement de l'ensileuse (frais inchangés)	1,70 Fr
— Force motrice	9,00 Fr
— Mise en place	0,50 Fr
— Amortissement silos (ceux-ci sont en béton et non plus en treillis) : Capital 10.000 Fr pour 25 m³ — amortissement en 20 ans, soit un amortissement annuel au m³ de 20 Fr Densité initiale : 520 Kg/M³, soit	3,80 Fr
Total :	70,80 Fr

Dans l'établissement de ces deux prix de revient, l'arrachage manuel des fanes a été mis à charge de l'ensilage. En réalité, ces frais tombent à charge de la culture de plants d'élite, puisque celle-ci exige ce mode opératoire. Dès lors, le coût de l'ensilage, par 100 Kg de fanes fraîches, devient :

Dans le premier cas : 92,90 — 23,70 = 59,20 Fr.
Dans le second cas : 70,80 — 17,30 = 53,50 Fr.

La présente étude établit que 100 Kg de fanes fraîches fournissent une masse ensilée de 75 Kg dont la valeur alimentaire moyenne est de 12,25 U.F./ 100 Kg. La quantité initiale correspond donc à 9,15 U. F. Dans ces conditions, l'unité fourragère reviendrait à 5,85 Fr.

3. — *Sucre dénaturé ou mélasse.*

Dans les essais précédents, on utilisa la mélasse au lieu de sucre dénaturé. La mélasse était ajoutée à raison de 6 Kg par 100 Kg de fanes fraîches, ce qui correspond exactement à 3 Kg de sucre.

Nous n'avons constaté aucune différence dans la fermentation proprement-dite. Les disponibilités du moment et surtout le prix de ces produits seront seuls déterminants du choix.

Le coût du sucre dénaturé est de 24,90 Fr / 100 Kg de fanes fraîches. Pour la mélasse, les chiffres sont les suivants :

achat de 500 Kg : 950 Fr.
transport : 613 Fr.

1.560 Fr. soit ± 3,12 Fr. par Kg de mélasse à 50 % de sucre, ce qui correspond à 18,72 Fr par 100 Kg de fanes fraîches.

Le gain réalisé par rapport au sucre dénaturé est énorme : 6,18 Fr/100 Kg de fanes. Exprimons son incidence sur le prix de revient du silage :

(Chiffres par 100 Kg de fanes fraîches)

	Sucre dénaturé		Mélasse	
Chargment et transport	6,45 Fr	121,0 %	6,45 Fr	13 6 %
Ensilage proprement dit	7,15 Fr	13,40 %	7,15 Fr	15,1 %
Divers	15,00 Fr	28,00 %	15,00 Fr	31,7 %
Sucre dénaturé ou mélasse	24,90 Fr	46,50—%	18,72 Fr	39,6 %
(Transport)	(4,30)	(8,05)	(7,32)	(15,5)
	53,50 Fr	100,00	47,32 Fr	100,00
Prix de revient de l'Unité fourragère	5,85 Fr	—	5,16 Fr	—

Le sucre dénaturé intervient pour 46,5 % dans le coût du silage ; dans les mêmes conditions de transport, la mélasse n'atteint que 39,6 %. De la sorte, le prix de l'U. F. retombe ainsi de 5,85 à 5,16 Fr.

4. — *Comparaison avec l'orge.*

Prenons comme point de comparaison la production d'une culture d'orge de printemps, céréale paraissant donner, en ce qui concerne les Ardennes, les plus hauts rendements.

Le prix de revient à l'Ha de culture est de 16.000 Fr (1).

La production en grains est de 28Q (2) (1 U. F./Kg) soit 2.800 U. F.

La production en pailles est de 26 Q (2) (0,25 UF /Kg), soit 650 UF.

Ce qui représente au total une masse alimentaire de 3.450 unités fourragères.

L'unité fourragère produite par une culture d'orge de printemps reviendrait à 4,50 Fr.

L'unité fourragère à partir des fanes ensilées est plus onéreuse que l'unité fourragère fournie par l'orge de printemps ; toutefois, la différence n'est pas si grande que l'on ne puisse espérer la réduire, sinon l'annuler, par le perfectionnement des méthodes opératoires d'ensilage, par l'organisation des transports de sucre dénaturé ou de la mélasse, par le choix judicieux du produit d'appoint, mélasse ou sucre. Au surplus, ne perdons pas de vue que l'ensilage des fanes représente une intensification des méthodes culturales, puisqu'en plus de la récolte des plants, ce traitement apporte, à

(1) Prix de revient basé sur les résultats des cultures à la Station de Libramont, et sur les résultats obtenus dans une ferme où une comptabilité est tenue.

(2) Rendements moyens établis par les experts du Service Professionnel de la Jeunesse Agricole (S. P. J. A.) de l'Alliance Agricole Belge (Bureau d'Entr'Aide Provincial, Libramont).

raison de 15 tonnes de fanes fraîches à l'Ha — chiffre souvent dépassé — une masse alimentaire équivalente à près d'un demi-Ha de céréale fourragère.

5 — *Nécessités en main-d'oeuvre.*

De l'avis général, le manque de main-d'œuvre freine assez considérablement la culture de la pomme de terre en Ardennes, et spécialement la production de plants contrôlés. Il se justifie donc de comparer les productions fourragères des fanes ensilées et de l'orge de printemps au point de vue des nécessités en main-d'œuvre.

Selon les données recueillies par les experts du S. P. J. A., la culture d'un hectare d'orge de printemps exige, en moyenne, 105 heures de main d'œuvre, récolte en battage compris.

Nous avons vu qu'un hectare d'orge produisait 3450 unités fourragères.

D'autre part, l'ensilage des fanes d'un hectare de pommes de terre nécessitent la main-d'œuvre suivante :

(arrachage : 1,15 are/heure, soit 87 heures, main-d'œuvre mise à charge de la production de plants).

	Par Ha
Ramassage chargement : 22 heures pour 17,5 tonnes de fanes : supposons 15 tonnes/Ha $\frac{22 \times 15}{17,5} =$	18H40
Transport : 2 hommes — 1 heure pour 3.900 Kg	7H45
Mise en silo : 500 Kg de fanes par heure et par homme	30H
Mise en place de l'appareillage	3H
Total	59H1/2, soit 60 heures.

Nous avons vu que l'ensilage d'un hectare de fanes - 15T/Ha produisait 1372 U F (15 tonnes à 9,15 U F). Les productions d'unités fourragères par heure de main-d'œuvre sont les suivantes :

$$\text{orge} : \frac{3450}{150} = 32,8 \text{ UF}$$

$$\text{ensilage de fanes} : \frac{1372}{60} = 22,86 \text{ U F.}$$

L'avantage est donc du coté de l'orge. Ce serait plus vrai encore si nous mettions à charge de l'ensilage les heures d'ouvriers nécessitées par l'arrachage. Nous aurions alors :

$$\frac{1372}{147\ (60 + 87)} = 9,3 \text{ unités fourragères.}$$

Il saute aux yeux que l'arrachage absorbe une quantité considérable de main-d'œuvre, représentant plus de 50 % du total d'heures d'ouvriers nécessaires. Il importe donc de rechercher une solution mécanique au problème de l'arrachage des fanes.

Conclusions générales.

Le présent rapport prouve à suffisance que l'ensilage des fanes est techniquement réalisable dans des conditions relativement simples, et que les fanes ainsi obtenues remplacent poids pour poids l'herbe ensilée dans un rationnement donné sans diminuer le taux laitier ni provoquer chez l'animal des troubles organiques quelconques.

Suivant les données expérimentales obtenues, le prix de revient de l'unité fourragère des fanes ensilées est supérieure au prix de revient de l'unité fourragère de l'orge de printemps cultivé en Ardennes. Toutefois, la différence n'est pas tellement grande que l'on ne puisse espérer, par l'amélioration des techniques, rapprocher très sensiblement, sinon égaliser, les deux coûts de production.

L'arrachage manuel des fanes pose un problème de main-d'œuvre qu'il importe de résoudre par la mécanisation. Les machines essayées ou utilisées à l'étranger doivent être étudiées dans nos conditions de culture.

L'Ardenne — et spécialement la Haute-Ardenne — est une région prédestinée pour la production de plants de pommes de terre de haute valeur sanitaire ; c'est aussi une région de bas rendements céréaliers et d'exploitation relativement importante du bétail. L'arrachage et l'ensilage des fanes permettra, selon nous, de hisser à un niveau supérieur la sélection sanitaire ardennaise. Les premiers résultats obtenus sont suffisamment encourageants que pour rechercher la solution adéquate aux problèmes posés.

LABORATOIRE DE PATHOLOGIE VÉGÉTALE

Sur quelques isolements du virus de la mosaïque du concombre (*)

par J. Semal.

Nous étudions dans le présent travail le comportement de trois isolements du virus de la mosaïque du concombre (V. M. C.) à l'égard de la chicorée « witloof » (*Cichorium intybus* L. var. foliosum). On sait que sur cette plante le V. M. C. donne tantôt des nécroses locales, tantôt une mosaïque jaune (Roland, 1956). Une mosaïque jaune due au V. M. C. avait déjà été signalée sur chicorée par Smith (1946).

Les transmissions mécaniques ont été effectuées en frottant avec le doigt le jus infectieux, additionné de carborandum, sur les feuilles de la plante à inoculer.

Les transmissions par pucerons ont été réalisées en faisant jeûner les insectes pendant 2-3 heures, en les faisant piquer pendant une minute sur la plante-source infectée, et en les plaçant ensuite sur les plantes à inoculer. Les *Myzus ascalonicus* utilisés ont été élevés sur échalottes, et les *Dactynotus cichoricola* sur chicorée.

Les essais de prémunition ont été réalisés en inoculant successivement à 15 jours d'intervalle le virus à identifier, et la variante « Price's yellow strain » du V. M. C. à des jeunes plantes de tabac. Des plantes inoculées uniquement avec la variante « jaune » ont servi de témoin.

1. — Isolement a partir de cichorium intybus.

a) *Identification.*

En juillet 1957, nous avons observé dans un champ de chicorée « witloof » de la Station de Recherches Maraîchères de Grand-Manil, deux plantes présentant sur les vieilles feuilles et les feuilles moyennes de nombreuses

(*) Déposé à la rédaction le 12 mars 1958.

Photo I : (grossissement environ 1,5).
Anneaux chlorotiques concentriques au début de leur développement sur une feuille de chicorée infectée naturellement par le V. M. C.

Photo 2 : Ponctuations jaunes à centre vert sur une feuille de chicorée inoculée par jus en serre avec le V. M. C.

taches formées de deux ou trois anneaux concentriques (photo 1), de 0,5 à 1,5 cm de diamètre, dont la coloration allait du vert pâle au jaune franc. Les feuilles du cœur présentaient des zones jaunâtres et chlorotiques, mais étaient dépourvues de tout « ring-spot ».

Ces anneaux, qui étaient bien individualisés au moment de la première observation, augmentèrent ultérieurement de taille, certains confluant pour former des plages jaunes bordées de franges alternativement vertes et jaunes. Les feuilles qui ne présentaient pas de symptômes annulaires au moment du premier examen en demeurèrent dépourvues jusqu'à la fin de la période de végétation.

L'inoculation du jus d'une des feuilles externes portant des « ring-spots » concentriques a fourni les résultats suivants (1) :

Sur concombre : mosaïque jaune généralisée (3/5).

Sur tabac : ponctuations nécrotiques sur les feuilles inoculées (5/5) ; légère mosaïque sur les feuilles jeunes et moyennes (5/5).

Sur épinard : jaunissement généralisé, nanisme, mort des plantes (3/3).

Le jus extrait d'une feuille de tabac provenant de l'essai précédent a été inoculé à betterave et à chicorée. Les résultats suivants ont été obtenus :

Sur betterave : nombreuses réactions locales sous forme de taches circulaires jaunes présentant parfois un centre nécrotique (5/5) ; symptôme systémique consistant en taches jaunes irrégulières sur feuilles moyennes (3/5).

Sur chicorée : symptômes systémiques consistant en taches jaunes irrégulières accompagnées sur les feuilles inoculées, et plus rarement sur les autres, de taches circulaires jaunes de 1 à 5 mm de diamètre à centre vert devenant parfois nécrotique (2/5) (photo 2).

Un essai de prémunition effectué avec ce virus a donné des résultats positifs, contre la variante « jaune » du V. M. C.

b) *Transmission par Dactynotus cichoricola H. R. L.*

Nous avons signalé récemment (SEMAL, 1958) la présence sur chicorée d'un puceron qui a été reconnu comme espèce nouvelle par M. HILLE RIS LAMBERS, de BENNEKOM.

(1) Les résultats d'essais sont présentés sous forme d'un rapport comprenant au numérateur le nombre de plantes infectées, et au dénominateur, le nombre de plantes inoculées.

Des essais de transmission du V. M. C. isolé de chicorée, ont été effectués avec cet aphide à partir de tabac infecté. Les résultats sont repris dans le tableau I.

TABLEAU I

Transmission du V. M. C. par Dactynotus cichoricola H. R. L.

Plante-test	inoculation	résultats	critère
concombre	10 pucerons par plante	2/3	symptômes
tabac	5 pucerons par plante	2/3	symptômes+ prémunition
chicorée	idem	0/6	symptômes
chicorée	mécanique	2/5	symptômes

Un même nombre de plantes témoins, portant des pucerons sains, sont demeurées exemptes de symptômes.

c) *Température d'inactivation.*

Dans le but de caractériser plus avant l'isolement de V. M. C. effectué à partir de chicorée, nous avons recherché sa température d'inactivation. Le jus extrait de tabac infecté a été soumis pendant 10 minutes à des températures de 55° C et 60° C dans un bain-marie thermostatique (précision 2/10 degré). Il a ensuite été inoculé à 5 plantes de tabac pour chaque température. Cinq plantes inoculées avec le jus maintenu dans les conditions du laboratoire ont servi de témoins. Les résultats obtenus sont les suivants :

18°C : 5 plantes montrent de fines nécroses sur les feuilles inoculées après 6 jours et les symptômes systémiques du V. M. C. après 9 jours.

55°C : 2 plantes montrent de fines nécroses locales après 7 jours et des symptômes systémiques après 9 jours.

60°C : une plante réagit par des réactions locales nécrotiques et une mosaïque systémique, après 9 jours.

Influence de la plante-hôte sur la température d'inactivation.

Dans une étude très complète d'un isolement de V. M. C. effectué à partir de chicorée, ROLAND (1956) signale une température d'inactivation du jus

de chicorée infectée comprise entre 50 et 55°C et qui se situe en dehors de l'éventail des températures d'inactivation connues pour les diverses variantes du virus. Par contre, notre isolement possède une température d'inactivation supérieure à 60° qui est classique pour le V. M. C. La différence des résultats obtenus pourrait provenir de propriétés intrinsèques des deux isolements, mais pourrait résulter également des plantes-hôtes utilisées comme source de jus infectieux : la chicorée dans le cas de ROLAND, le tabac dans le nôtre.

On sait que les virus réagissent différemment à l'élévation de température in vitro (BAWDEN, 1950). Certains, comme le virus de la mosaïque du tabac et le virus X de la pomme de terre, possèdent un taux d'inactivation élevé lorsque la température monte de 10°C. D'autres au contraire, comme le virus du bushy stunt de la tomate et le virus de la nécrose du tabac ont un coefficient thermique (1) faible.

Le fait que les données de la littérature concernant la température d'inactivation du V. M. C. sont très variables (55° à 80° C), suggère que ce virus se range dans le second groupe, et que, par conséquent, sa température d'inactivation risque d'être influencée par des facteurs variables, et notamment par la plante-hôte qui fournit le jus soumis à l'inactivation thermique (BAHRGAVA, 1951 ; NOORDAM, 1952).

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons effectué un essai de détermination de la température d'inactivation d'un même isolement de V. M. C. provenant de plantes-hôtes différentes. Ce virus, isolé à partir de tabac (2) et maintenu sur *Nicotiana glutinosa*, a été inoculé à des plantes de chicorée, et 15 jours plus tard, à des plantes de *Nicotiana tabacum* et de *Nicotiana glutinosa*.

Un mois après l'inoculation des chicorées, du jus infectieux extrait du feuillage d'une plante infectée de chaque espèce a été chauffé à 55° C et 62° C pendant 10 minutes, puis comparé au jus correspondant non chauffé, par inoculation simultanée sur des feuilles de tabac et *Nicotiana glutinosa*, préalablement saupoudrée de carborandum. Le tableau II indique les plantes ayant réagi positivement à l'inoculation.

Le jus des plantes n'ayant pas extériorisé de symptômes a été inoculé ultérieurement à 2 plantes de *Cucumis sativus* et 2 plantes de *Nicotiana glutinosa*, pour déceler une latence éventuelle ; dans aucun cas, ces inoculations n'ont fourni de résultats.

Les résultats indiquent que la température d'inactivation d'une variante de V. M. C., déterminée par la méthode classique, est inférieure lorsque le

(1) Taux d'inactivation pour une augmentation de température de 10° C.

(2) Il s'agit de l'isolement de V. M. C. étudié ci-dessous au point 3.

jus infectieux est extrait de *Cichorium intybus*, à la valeur qu'elle atteint lorsque le jus est extrait de tabac.

TABLEAU II.

Influence de la source sur la température d'inactivation.

Source		Température		
		18°	55°	62°
N. glutinosa	(a)	4/4	4/4	4/4
	(b)	1/1	1/1	1/1
N. *tabacum*	(a)	4/4	4/4	2/4
	(b)	1/1	1/1	1/1
C. intybus	(a)	4/4	3/4	0/4
	(b)	1/1	0/1	0/1

(a) nombre de plantes infectées sur 4 tabacs inoculés.
(b) nombre de plantes infectées sur 1 *N. glutinosa* inoculé.

Nous avons vérifié si cette différence correspondait à une différence de pouvoir infectieux entre le jus extrait de *Nicotiana glutinosa* infecté et le jus extrait de chicorée infectée. Du jus infectieux provenant de ces deux plantes a été inoculé comparativement à 6 demi feuilles opposées de *Vigna sinensis*, préalablement saupoudrées de carborandum. Le nombre total de taches nécrotiques formées après 4 jours était de 5 pour les demi-feuilles inoculées avec le jus de chicorée et de 57 pour les demi-feuilles inoculées avec le jus de *Nicotiana glutinosa*.

Nous avons recherché si ce phénomène était dû à la présence dans le jus de chicorée, d'inhibiteurs semblables à ceux que l'on connaît notamment chez la betterave.

L'infectiosité d'un jus extrait de tabac inoculé avec le *virus de la nécrose du tabac*, et additionné d'extrait de feuilles de chicorée, a été comparée à l'infectiosité du même jus additionné d'eau distillée. Le jus infectieux initial a été dilué dans 100 parties d'eau distillée. Un cc de la solution a été mélangé à 1 cc de jus de chicorée et 1 cc mélangé à 1 cc d'eau distillée.

Des quantités égales des 2 inoculum ainsi obtenus ont été frottées légèrement avec le doigt respectivement sur la moitié droite et la moitié

gauche de 9 feuilles détachées de *Nicotiana glutinosa*, préalablement saupoudrées de carborandum. Les feuilles ont été immédiatement lavées à l'eau de conduite et placées en boites de Pétri à l'étuve à 22°C.

Le nombre de lésions comptées après 72 heures a atteint un total de 811 pour les demi-feuilles correspondant à l'inoculum contenant le jus de chicorée, et 1012 pour les demi-feuilles correspondant à l'inoculum contenant l'eau distillée. Cette différence est à peine significative au seuil 0,05.

2. — Isolement a partir de Brassica sp.

En mai 1957, nous avons prélevé dans une serre de la Station d'Entomologie de Gembloux une plante de *Brassica sp.* qui avait crû dans une parcelle de luzerne. Elle était colonisée par les aphides *Myzus ascalonicus* Doncaster et *Myzus persicae* Sulzer, et ses feuilles inférieures présentaient un jaunissement généralisé.

Une vingtaine de *Myzus ascalonicus* d'élevage ont été nourris sur cette plante et transférés sur une betterave « jaune de Vauriac » possédant 10 feuilles développées.

Après 15 jours, des plages jaunes accompagnées de ponctuations brunâtres, parfois nécrotiques, sont apparues sur les feuilles où les pucerons s'étaient nourris. Après 25 jours, des plages et des ponctuations jaunes accompagnées d'anneaux vert-foncé de 3-5 mm de diamètre, à centre jaune chlorotique, sont apparus sur les jeunes feuilles. Ultérieurement, nous avons observé chez cette plante des malformations du feuillage, un rétrécissement du limbe et une mosaïque diffuse généralisée.

Les tabacs (2/4) et les concombres (3/4) inoculés avec le jus extrait de cette betterave ont extériorisé les symptômes du V. M. C. après 8 jours.

Sur chicorée « witloof », le virus s'est montré particulièrement actif (8/10) provoquant le plus souvent les symptômes décrits par Roland (1956), mais également les anneaux chlorotiques et jaunes que nous avons signalés plus haut.

Un essai de prémunition contre la variante « jaune » du V. M. C. a confirmé que nous avions affaire à une variante du V. M. C.

3. — Isolement a partir de nicotiana tabacum.

En septembre 1957, nous avons isolé à partir d'un tabac du champ dont le feuillage présentait de la mosaïque et du « vein-clearing », un virus qui a été inoculé par frottis de sève à tabac, concombre, et chicorée « witloof ».

Les tabacs et les concombres ont extériorisé la mosaïque jaune typique du V. M. C. Les chicorées nous ont fourni après 15 jours les symptômes systémiques qui ont été décrits pour les deux isolements précédents (4/5).

4. — Discussion et Conclusions.

Nos essais ont montré que les chicorées infectées naturellement au champ par le V. M. C. pouvaient extérioriser des « ring-spots » concentriques sur une partie de leur feuillage. Il y a lieu de rapprocher ce symptôme de ceux signalés par Roland (1955a, 1955b), sur des tabacs infectés naturellement de V. M. C. ainsi que sur une betterave infectée au champ par un complexe de V. M. C. et de virus de la jaunisse.

D'autre part, nous avons montré que les chicorées inoculées en serre par voie mécanique, réagissaient souvent en formant sur les feuilles inoculées, et plus rarement sur celles se développant après l'inoculation, des taches jaunes à centre vert pouvant devenir nécrotique. Des symptômes similaires causés par le V.M.C. ont été décrits sur d'autres plantes, et notamment sur betterave. (Severin, 1948).

Dans sa très intéressante étude d'un isolement de V. M. C. effectuée à partir de chicorée, et décrit sous le nom de « *Cucumis virus* 1, *var. Witl* », Roland (1956) obtient une température d'inactivation comprise entre 50°C et 55°C, qui se situe en dehors de l'éventail des températures d'inactivation connues pour les diverses variantes de ce virus. Notre isolement de chicorée par contre possède une température d'inactivation supérieure à 60°C, qui est classique pour le V. M. C. Cette différence peut être due à des propriétés intrinsèques des deux isolements. Elle pourrait s'expliquer également par le fait que Roland a effectué l'opération sur du jus extrait de chicorée, alors que nous avons utilisé du jus extrait de tabac.

En effet, nos essais ont montré que la température d'inactivation d'une même variante de V. M. C., déterminée par la méthode classique, était plus faible lorsque le virus s'était développé dans la chicorée, que lorsque il était extrait de *Nicotiana tabacum* et *N. glutinosa*. Le phénomène ne semble pas dû à la présence dans le jus extrait des feuilles de *Cichorium intybus* d'un inhibiteur spécifique, et devrait plutôt être attribué à une concentration plus faible du virus dans les plantes de chicorée.

Les trois isolements de V. M. C. que nous avons expérimentés nous ont fourni des symptômes systémiques sur *Cichorium intybus*. Nous en concluons que l'infection généralisée de la chicorée par ce virus n'est pas exceptionnelle, et n'est pas limitée aux isolements effectués à partir de cette plante.

Pound et Walker (1948) ont isolé à partir de *Hesperis matronalis* deux variantes de V. M. C. infectieuses pour les crucifères. D'autre part, Broadbent (1957) a constaté la présence de V. M. C. dans les cultures de *Brassica*

en Grande-Bretagne, et signale que le virus est latent chez le chou, le choufleur, le chou de Bruxelles, tandis que le navet et le rutabaga extériorisent de la mosaïque et un gaufrement du feuillage. L'isolement de V. M. C. que nous avons effectué à partir d'un *Brassica sp.* infecté naturellement s'est révélé être virulent sur concombre, tabac et betterave, et très virulent sur chicorée.

Nos essais ont enfin mis en évidence que *Dactynotus cichoricola* H. R. L. largement répandu en Belgique dans les champs de chicorée est un vecteur du V. M. C. mais qu'il ne transmet pas aisément le virus à chicorée, dans les conditions de serre. Cette conclusion est en concordance avec la très faible extension du V. M. C. dans les cultures de *Cichorium intybus.*

Remerciements

Nous exprimons à Monsieur le Professeur Vanderwalle toute notre reconnaissance pour l'intérêt qu'il porte à nos travaux et pour l'aide qu'il nous apporte au cours de leur exécution. Nous remercions également MM. F. C. Bawden, Rothamsted Experimental Station, et Dr. K. M. Smith, University of Cambridge, qui ont bien voulu nous faire parvenir du matériel virosé.

BIBLIOGRAPHIE

Bhargava, K. S. (1951). Some properties of four strains of Cucumber mosaic virus. *Ann. Appl. Biol.* **38**, 2, 377-88.

Bawden, F. C. (1950) : Plant viruses and Virus diseases. *Chronica botanica*, Waltham, Mass. U. S. A.

Broadbent, L. (1957) : *Investigations on virus diseases of Brassica crops*, Cambrige University Press.

Noordam, D. (1952) : Virusziekten bij chrysanten in Nederland. *T. Pl. ziekten*, **58**, 121-190.

Pound, G. S. et Walker, J. C. (1948) : Strains of cucumber mosaic virus pathogenic to crucifers, *Journ. Agr. Res.* **77**, 1-12.

Roland, G. (1955a) : Un cas de « ringspot » sur betterave *Parasitica*, XI, 139.

— (1955b) : Contribution à l'étude du virus de la mosaïque du concombre (Cucumis virus 1 Doolittle). *Parasitica*, XI, 1-9.

— (1956) : Étude d'une mosaïque de la chicorée de Bruxelles (witloof) Cichorium intybus L. var. foliosum Bishoff. *Parasitica* XII, 1-7.

Semal, J. (1958) : Virus transmission by *Dactynotus cichoricola*, H. R. L., a new aphid on chicory. *Nature*, **181**, 721.

Severin, H. P. (1948) : Symptoms of additionnal cucumber mosaic viruses on sugar-beets. *Hilgardia*, **18**, 531-38.

Smith, K. M. (1946) : *Virus diseases of farm and garden crops*, Worcester.

SUMMARY

Cucumber mosaic virus isolates obtained from naturally infected Cichorium intybus, Brassica sp. and Nicotiana tabacum were tested for symptoms on chicory. Sap inoculated chicories, infected with the three isolates and grown under greenhouse conditions, showed yellow mosaic on the leaves, and in some cases yellow dots with a green or necrotic center. Naturally infected chicories on the field showed concentric ring-spots on the old leaves and yellow mosaic on the young ones.

The inactivation temperature of the « tobacco » isolate in leaf extracts obtained from various host-plants was lower when the infectious sap came from chicory, as compared with infectious sap from tobacco or Nicotiana glutinosa.

The isolate from Brassica showed normal virulence on several non-cruciferous host-plants.

LABORATOIRE DE PATHOLOGIE VÉGÉTALE

Une variante du virus de la mosaïque du concombre isolée de Colza (*)

par J. Semal.

Dans un travail antérieur, (Semal, 1958) nous avons mentionné l'infection naturelle d'un *Brassica sp.* (1) par le virus de la mosaïque du concombre (V. M. C.), et les symptômes extériorisés par des plantes de *Nicotiana tabacum* (var. samsun), *Nicotiana glutinosa*, *Beta vulgaris* (var. Kleinwanzleben), *Cichorium intybus* (var. witloof) et *Cucumis sativus* (var. blanc hâtif), inoculées avec le V. M. C. extrait de ce *Brassica*, qui lui-même ne présentait aucun symptôme.

La présente note expose quelques essais qui ont été entrepris pour comparer cet isolement (qui sera désigné par V. M. C. *colza*) à un isolement effectué à partir de chicorée, (qui sera appelé V. M. C. *chicorée*).

1. — Transmission par pucerons.

Des *Myzus persicae* qui s'étaient alimentés pendant un temps indéterminé sur la plante de colza infectée naturellement de V. M. C. ont été récoltés, puis divisés en deux lots.

Les individus du premier lot ont été placés, à raison de 5 pucerons par plante, sur 5 plantules de betterave (var. Kleinwanzleben E) pendant 24 heures, puis pulvérisés au moyen d'une solution de nicotine. Après 6 jours à une température de 20-22°, de nombreuses petites nécroses circulaires sont apparues sur les feuilles inoculées.

Parallèlement, des jeunes plantes de betterave inoculées mécaniquement avec le V. M. C. *chicorée* ont fourni des symptômes analogues.

Les individus du second lot ont été placés pendant 48 heures sur des

(*) Déposé à la rédaction le 18 juin 1958.

(1) Le *Brassica* en cause a pu être identifié grâce à la bonne obligeance de notre collègue J. Bernard de la Station d'Entomologie de Gembloux; il s'agissait d'un colza cultivé, ***Brassica napus L.* (var. *oleifera*).**

plantes de colza saines, puis transférés sur de jeunes betteraves comme ci-dessus. Aucune des 5 plantes inoculées n'a fourni de réactions.

Le virus étudié est donc transmissible par puceron et est du type non-persistant.

2. — Développement comparé de V. M. C. Colza et de V. M. C. Chicorée dans le Colza.

Des *Myzus persicae* sains, ayant subi un jeûne de 2-3 heures, se sont alimentés pendant 1-2 minutes sur une feuille de betterave infectée de V. M. C. *colza* et ont été ensuite transférés pendant 24 heures sur 4 jeunes plantes de *Brassica napus* ayant 1 feuille développée, à raison de 5 pucerons par plante. Un essai de transmission analogue a été fait à partir d'une feuille de *N. glutinosa* infecté par le V. M. C. chicorée. Les plantes ont été cultivées à 20-22° sous un éclairage artificiel journalier de 14 heures réalisé au moyen de tubes fluorescents.

Aucune des plantes de colza inoculées dans ces conditions n'ayant extériorisé de symptômes, nous avons recherché s'il s'agissait en l'occurrence d'une latence. Les résultats de ces essais sont repris dans le tableau I.

Nous avons vérifié si le virus s'était multiplié dans les feuilles qui avaient subi la piqûre des pucerons. Un mois après la transmission par *M. persicae*, le jus extrait des deux plus vieilles feuilles des plantes de colza inoculées avec le V. M. C. *colza* a été frotté sur le feuillage de 5 jeunes tabacs et de 2 *Nicotiana glutinosa*. Une opération similaire a été effectuée à partir des plantes de colza inoculées avec le V. M. C. *chicorée*. Dans le premier cas, toutes les plantes ont réagi en donnant de la mosaïque typique de V. M. C. Dans le second cas au contraire, une seule plante de tabac a extériorisé une mosaïque, tandis que les 4 autres tabacs et les *N. glutinosa* demeuraient sains. Une transmission ultérieure à *N. glutinosa* du jus extrait de cet unique tabac mosaïqué a montré qu'il s'agissait bien d'une infection par le V. M. C.

Trois mois après l'inoculation par *M. persicae*, des feuilles moyennes ont été prélevées sur chacune des plantes, et le jus extrait de ces feuilles a été inoculé séparément pour chaque plante-source à 2 plantes de *Nicotiana glutinosa*, 2 plantes de *Beta vulgaris* et 2 plantes de *Cucumis sativus*. Les symptômes de V. M. C. se sont développés sur les plantes-test correspondant à 3 des 4 plantes de colza inoculées avec le V. M. C. *colza*. Par contre, aucune des plantes inoculées avec le jus des plantes correspondant au V. M. C. *chicorée* n'a fourni de symptômes.

Ces résultats indiquent que le V. M. C. *colza* est devenu systémique dans le colza alors que le V. M. C. *chicorée* ne s'est développé que dans les feuilles inoculées.

TABLEAU I.

Développement de 2 isolements de V. M. C. dans le Colza.

Virus inoculé	Infection localisée.	Infection généralisée.
V. M. C. *colza*	Forte (7/7) (1)	Positive (3/4) (2)
V. M. C. *chicorée*	Faible (1/7) (1)	Négative (0/6) (2)

3. — SYMPTÔMES COMPARÉS DU V. M. C. COLZA ET DU V. M. C. CHICORÉE SUR CUCURBITACÉES.

Les symptômes occasionnés sur *Cucumis sativus* sont plus violents pour le V. M. C. *chicorée* que pour le V. M. C. *colza*, les plantes infectées par ce dernier présentant un certain nombre de feuilles apparemment saines.

Nous avons étudié le comportement des deux virus sur le potiron (*Cucurbita pepo L*), qui dans les essais de POUND et WALKER (1948) s'était révélé réfractaire à l'infection systémique par deux isolements de V. M. C. provenant de crucifères. Le jus extrait d'une plante de *N. glutinosa* infectée par le V. M. C. *colza*, a été inoculé sur les feuilles cotylédonaires de 4 plantes de potiron (var. jaune de Paris) préalablement saupoudrées de carborandum. La même opération a été effectuée à partir d'un *N. glutinosa* infecté par le V. M. C. *chicorée*. Les potirons ont été maintenus en serre dans les conditions du mois de mai et ont extériorisé les symptômes suivants :

a) Isolement V. M. C. *chicorée* : Les 4 plantes inoculées ont montré des taches jaunes sur les feuilles cotylédonaires inoculées, après 4-5 jours ; la première feuille développée est restée naine et a présenté après une dizaine de jours du jaunissement, de la déformation et de la fanaison. Chez 3 plantes sur 4, la pousse terminale s'est nécrosée entraînant la mort du végétal, tandis que la 4e a continué à développer des feuilles très petites et complètement enroulées.

b) Isolement V. M. C. *colza* : Les 4 plantes inoculées ont montré également des taches jaunes sur les cotylédons, mais moins prononcées que dans le cas précédent. Deux d'entre elles ont eu un début de croissance normale, puis quelques points jaunes sont apparus sur la première et la seconde feuilles, suivis d'une torsion des limbes. La taille des plantes est demeurée légèrement inférieure à celle des témoins. Les deux autres n'ont montré aucun symptôme systémique.

(1) Nombre de plantes de tabac et *N. glutinosa* ayant réagi à l'inoculation du jus extrait des feuilles de colza.

(2) Nombre de plantes de colza infectées de façon systémique.

En conclusion, *Cucurbita pepo* s'est montré extrêmement sensible à l'infection par le V. M. C. *chicorée,* mais par contre n'a réagi que faiblement à l'inoculation par le V. M. C. *colza.*

4. — Symptômes comparés du V. M. C. Colza et du V. M. C. Chicorée sur *Hesperis matronalis.*

Des jeunes plantules de la julienne des jardins *Hesperis matronalis* ont été inoculées avec le V. M. C. colza et le V. M. C. chicorée extraits de plantes infectées de *Nicotiana glutinosa.* Deux mois après l'inoculation, aucun symptôme n'était apparu sur les plantes inoculées.

5. — Discussion et Conclusions.

L'inoculation expérimentale du colza par diverses variantes de V. M. C. a été réalisée par Pound et Walker (1948) et Berkeley et Tremaine (1954), mais l'infection naturelle de cette plante par le V. M. C. n'a pas été signalée à notre connaissance. Cette infection naturelle observée par nous suggère que les champs de colza d'hiver pourraient servir de réservoir pour le virus, ce qui donne un intérêt particulier aux constatations de Hijner (1958) relatives à l'hibernation de *Myzus persicae* dans cette culture. Rappelons que les récents travaux du 2e Congrès International du tabac (1), ont démontré que le V. M. C. est l'un des virus les plus importants qui attaquent le tabac dans le monde.

Des variantes de V. M. C. isolées à partir de crucifères infectées naturellement ont été étudiées par Pound et Walker (1948), Bhargava (1951), et Berkeley et Tremaine (1954).

Les virus étudiés par Pound et Walker, isolés à partir de la «julienne des jardins» *Hesperis matronalis,* se caractérisent par un large pouvoir infectieux à l'égard des crucifères et une faible virulence vis à vis des cucurbitacées.

Le virus isolé de navet par K. M. Smith et étudié par Bhargava (1951), ne présente aucune propriété particulière.

Le virus isolé de *Brassica napobrassica* par Berkeley et Tremaine semble assez différent des isolements de Pound et Walker ; il provoque notamment l'apparition d'une mosaïque définie sur le colza.

Notre isolement de V. M. C. *colza* semble proche des virus décrits par Pound et Walker : il se développe de façon systémique dans le colza sans y provoquer de mosaïque et il possède un pouvoir infectieux médiocre pour le potiron (*Cucurbita pepo*). Cependant, les auteurs précités n'ont pas obtenu de symptômes sur *Cichorium intybus,* alors que dans nos essais

(1) Tenu à Bruxelles en juin 1958.

(SEMAL, 1958), la chicorée a présenté une infection généralisée ; par contre, ils ont signalé une mosaïque sur *Hesperis matronalis* alors que nous n'avons obtenu aucun symptôme sur cette plante.

A l'inverse de l'isolement V. M. C. *colza*, notre isolement V. M. C. *chicorée* a montré une grande virulence à l'égard du potiron, mais par contre n'a pas causé d'infection systémique chez le colza.

L'intervention possible de nombreux facteurs non contrôlés rend extrêmement précaire la définition des variantes de V. M. C., notamment si l'on se base sur le spectre des plantes-hôtes et la symptomatologie. Il semble néanmoins possible, après les travaux de POUND ET WALKER et les nôtres, d'émettre l'hypothèse selon laquelle les variantes de V. M. C. qui infectent naturellement les crucifères sont peu virulentes à l'égard des Cucurbitacées, et plus spécialement des *Cucurbita*, alors qu'au contraire, les variantes virulentes pour les Cucurbitacées se développeraient plus difficilement dans les crucifères.

5. — REMERCIEMENTS :

Nous tenons à remercier vivement le Professeur R. VANDERWALLE pour l'intérêt constant qu'il veut bien porter à nos travaux.

BIBLIOGRAPHIE :

BHARGAVA, K. S. (1951). Some properties of four strains of cucumber mosaic virus. *Ann. Appl. Biol.* **38**, 2, 377-88.

BERKELEY, G. H. & TREMAINE, J. H. (1954). Swedes naturally infected with two viruses. *Phytopathology*, **44**, 632-34.

HIJNER, J. A. (1958). *De Suikerbiet*, XI, n° 7, 53-59.

POUND, G. S. & WALKER, J. C. (1948). Strains of cucumber mosaic virus pathogenic on crucifers. *Journ. Agric. Res.*, **77**, 1-12.

SEMAL, J. (1958). Sur quelques isolements du virus de la mosaïque du concombre. *Bull. Inst. agr. Stat. Rech. Gembloux*, XXVI, 194-202.

SUMMARY.

A strain of cucumber mosaic virus isolated from a symptomless naturally infected rape produced a symptomless systemic infection in rape and mild symptoms in pumpkin, while a strain of the same virus isolated from chicory caused violent symptoms in pumpkin but failed to produce a systemic infection in rape.

Contribution à l'étude hydraulique des nappes de drainage (*)

(1e *partie : Nappes horizontales*)

par L. Sine et J. Meinguet.

Introduction.

Un des problèmes fondamentaux, en matière d'élaboration d'un projet de drainage, est celui de la détermination de l'écartement des drains, à partir des caractéristiques hydrodynamiques des sols.

L'un des obstacles à la recherche d'une solution optimum est celui de l'absence d'une loi numérique précise, relative aux mouvements des nappes de drainage.

Ce dernier point fait l'objet du présent exposé qui comprend deux parties.

Dans une première étude, nous rappelons les résultats actuellement connus et recherchons, par voie analytique, une solution numérique au problème de la formation de nappes à partir des conditions du régime permanent.

Nous montrons ainsi que l'analyse du régime permanent des nappes horizontales permet de préciser, avec une bonne approximation, les vitesses de rabattement au milieu des files de drains, en régime variable ; en ce qui concerne l'allure des nappes, l'étude analytique ne permet qu'une précision qualitative des mouvements ; quant à l'étude de la variation du débit, elle ne semble pas pouvoir être abordée à partir des considérations développées.

Pour ces deux derniers points, l'étude doit être faite à partir des hypothèses du régime variable.

Dans une seconde partie, nous exposerons comment le problème peut être résolu à partir de l'utilisation de machines à calculer électroniques.

(*) Déposé à la rédaction le 10 novembre 1958.

ÉTUDE DES NAPPES HORIZONTALES.

1. — Drainage par drain unique, la nappe phréatique étant initialement horizontale et la couche imperméable étant a distance très grande.

Considérons le cas d'un sol homogène isotrope, à surface horizontale, reposant sur une couche imperméable à distance infinie (fig. 1). Supposons ce sol saturé et recouvert d'une nappe d'eau ; installons un drain unique, de rayon R, à une profondeur T. L'écoulement qui va se produire, aussi longtemps que la nappe recouvrira le sol, est susceptible d'être représenté par l'équation classique de sa fonction potentielle (Gustafsson, 15).

$$\varphi = -\frac{Q}{4\pi} \ln \frac{(y-a)^2 + x^2}{(y+a)^2 + x^2} \qquad (1)$$

a étant une longueur égale à la moyenne géométrique entre T et T + 2 R.

L'équation correspondante des lignes de courant est donnée par :

$$\psi = \frac{Q}{2} - \frac{Q}{2\pi}\left[\operatorname{arctg}\frac{x}{y-a} - \operatorname{arctg}\frac{x}{y+a}\right] \qquad (2)$$

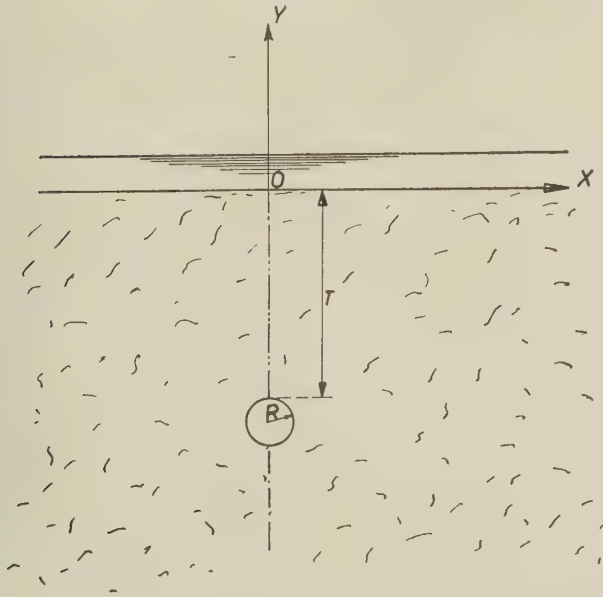


FIG. 1

Le débit Q peut se calculer en écrivant que pour l'équipotentielle de rayon R, il y a une différence de potentiel K H entre la nappe libre et le drain, K représentant le coefficient de perméabilité du terrain.

D'où :

$$Q = \frac{2\,\pi KH}{\ln \dfrac{T + a}{T - a}} \qquad (3)$$

avec :

$$a = \sqrt{T\,(T + 2R)}$$

On admet généralement, et nous l'admettrons implicitement dans toute la suite de l'étude, que R^2 est négligeable devant T^2, c'est-à-dire que :

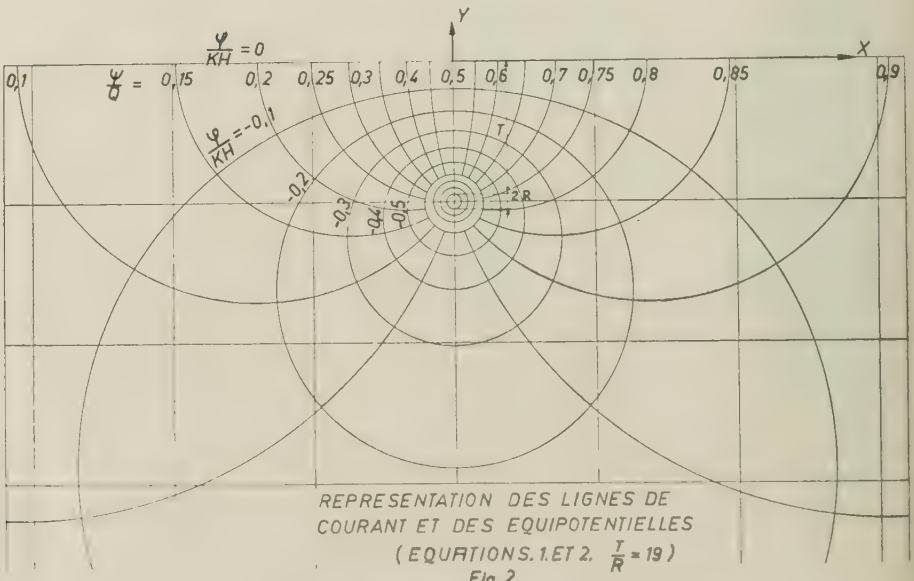
$$a = T + R$$

ou encore :

$$Q = \frac{2\,\pi\,KH}{\ln \dfrac{2\,T + R}{R}} \qquad (3')$$

Les courbes équipotentielles constituent une série de cercles (fig. 2) que l'on peut tracer par points, en calculant, en fonction de 2 variables adimensionnelles $\frac{x}{a}$ et $\frac{y}{a}$, la valeur de la fonction

$$-\frac{4\,\pi\,\varphi}{Q} = -\frac{2\,\varphi}{K\,H}\ln\frac{2\,T + R}{R} = \ln\frac{(y - a)^2 + x^2}{(y + a)^2 + x^2} \qquad (1')$$



REPRESENTATION DES LIGNES DE COURANT ET DES EQUIPOTENTIELLES (EQUATIONS. 1 ET 2. $\frac{T}{R} = 19$)

Fig. 2

Les lignes de courant sont des cercles (fig. 2) orthogonaux par rapport aux précédents, que l'on peut aussi calculer par points, en fonction de $\frac{x}{a}$ et $\frac{y}{a}$ en déterminant les valeurs numériques de

$$\frac{\Psi}{Q} = \frac{1}{2} - \frac{1}{2\pi}\left(\operatorname{arctg}\frac{x}{y-a} - \operatorname{arctg}\frac{x}{y+a}\right) \qquad (2')$$

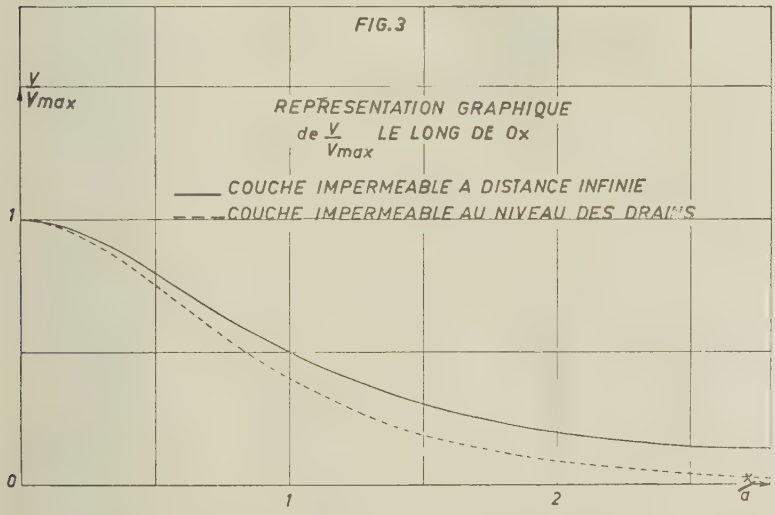
Étudions la variation de la vitesse v_y le long de Ox et la variation des lignes de courant le long de Ox.

On a (cf. Gustafsson, formule 73, p. 78).

$$-\frac{\pi a\, v_y}{Q} = \frac{1}{1+\left(\frac{x}{a}\right)^2} \qquad (4)$$

$$\frac{\pi\Psi}{Q} = \frac{\pi}{2} + \operatorname{arctg}\frac{x}{a} \qquad (2'')$$

La représentation graphique des équations (4) et (2'') est indiquée aux fig. 3 et 4.



La vitesse est maximum le long de Ox, à l'origine des axes, et est égale en ce point à

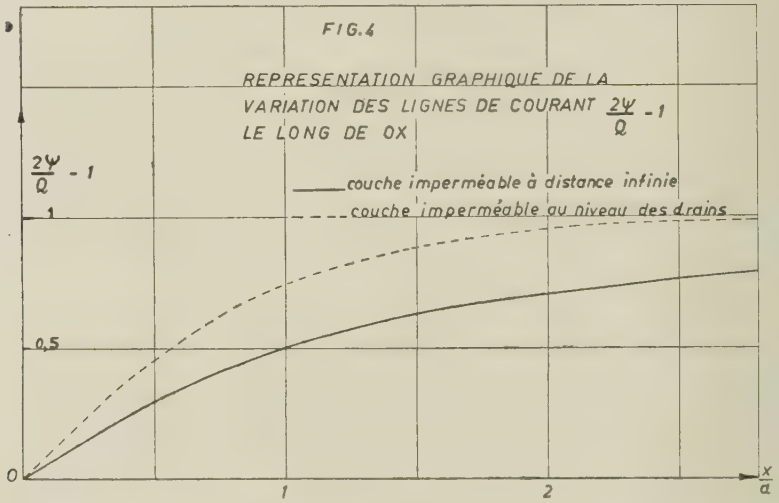
$$V_{max} = \frac{Q}{\pi a} = K\,\frac{\frac{H}{a}}{\frac{1}{2}\ln\frac{2T+R}{R}}$$

On déduit facilement l'influence du rapport $\frac{T}{R}$ sur la valeur de V_{max} et de Q, dans le cas où H = a.

$$V_{max} = \frac{K}{\frac{1}{2} \ln \left(\frac{2T}{R} + 1 \right)} = \alpha K \tag{5}$$

$$Q = \alpha \pi K H \tag{5'}$$

La variation de α en fonction de $\frac{T}{R}$ est représentée graphiquement fig. 8.



Considérons ensuite le mouvement d'une particule de liquide, se trouvant, à l'instant t = O, sur l'axe Ox.

Cette particule va parcourir sa trajectoire ou ligne de courant suivantune certaine fonction du temps que nous nous proposons de calculer.

On a :

$$dy = V_y \, dt$$

$$V_y = \frac{Q}{2\pi} \frac{[(y + a)^2 + x^2](y - a) - [(y - a)^2 + x^2](y + a)}{[(y + a)^2 + x^2][(y - a)^2 + x^2]} \tag{4'}$$

$$dt = \frac{dy}{V_y}$$

$$t = \int_0^y \frac{dy}{V_y} \tag{6}$$

Pour résoudre cette intégrale, il faut tenir compte que dans l'expression de V_y, les variables x et y sont reliées entre elles par l'équation de la ligne de courant passant par le point initial considéré (équation 2).

Comme cette ligne de courant est un cercle, il est possible de résoudre assez facilement l'équation (6) en intégrant le long de la trajectoire c'est-à-dire en utilisant

$$t = \int_{\text{trajectoire}} \frac{ds}{V}$$

s : représentant la différentielle de l'arc de la trajectoire.

V : vitesse en valeur absolue.

On obtient finalement :

$$\frac{Q\,t}{\pi a^2} = \frac{4a^2x^2 + (x^2 + y^2 - a^2)\left[(x^2 + y^2 - a^2)\,\text{arctg}\,\dfrac{2\,x\,y}{y^2 - x^2 - a^2} - 2xy\right]}{4\,a^3\,x^3} \quad (7)$$

Cette expression va nous permettre de représenter graphiquement les déplacements cumulés des particules, correspondant à des temps déterminés.

Considérons auparavant deux expressions particulières de $\dfrac{Q\,t}{\pi a^2}$.

1) *Loi des déplacements le long de Oy*

Le long de Oy, on a

$$dt = \frac{dy}{V_y}$$

$$dt = -\frac{\pi a}{Q}\left(1 - \frac{y^2}{a^2}\right) dy$$

On obtient, en supposant $y = o$ pour $t = o$

$$\frac{Q\,t}{\pi a^2} = -\frac{y}{a} + \frac{1}{3}\left(\frac{y}{a}\right)^3 \quad (7)$$

En conséquence, la particule se trouvant à l'origine des axes atteindra le drain au bout du temps T :

$$T = \frac{2}{3}\,\frac{\pi\,a^2}{Q}$$

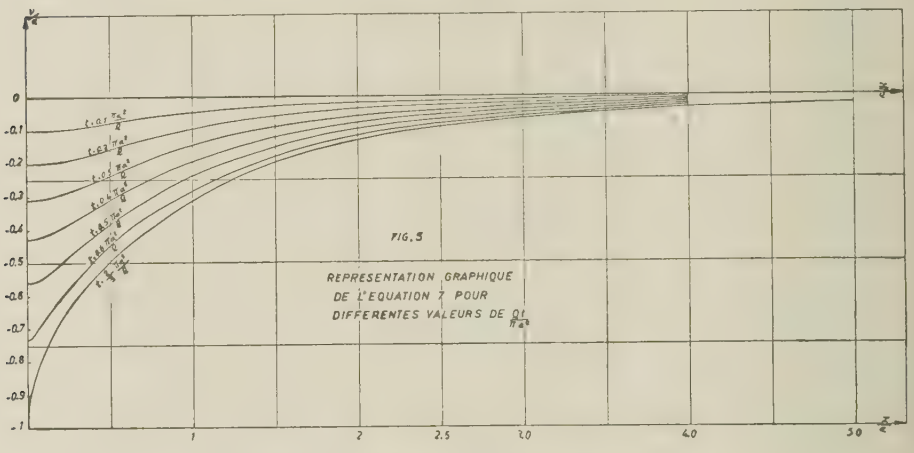
2) *Lois des déplacements pour un point très éloigné du drain.*

Dans ce cas, et pour de petits déplacements, on peut admettre que les trajectoires sont parallèles à Oy et que la valeur de la vitesse est constante et égale à la valeur qu'elle prend pour $y = O$.

On obtient :

$$\frac{Qt}{\pi a^2} = -\left[1 + \left(\frac{x}{a}\right)^2\right]\frac{y}{a} \qquad (7'')$$

Nous utiliserons l'expression (7'') en tous les points pour lesquels elle aboutit aux mêmes résultats numériques que l'expression (7).



Exemple :

Déterminons le lieu des points correspondant aux valeurs suivantes de $Qt / \pi a^2$: 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,6 ; 0,666 (valeur limite correspondant à T.).

Nous utiliserons la formule (7'') pour $t < T$ et $\frac{x}{a} > 1{,}5$, valeurs à partir desquelles l'écart entre la formule simplifiée 7'' et la formule exacte 7 est inférieur à 1 %.

Les résultats numériques sont représentés fig. 5.

L'allure des courbes illustre le processus de formation d'une nappe de rabattement, due à la présence d'un seul drain.

Il est cependant évident que la nappe réelle diffère de la nappe de la figure car la fonction potentielle, dans le mouvement réel, varie à chaque instant et il y a lieu de faire intervenir la notion du mouvement varié.

Nous reviendrons ultérieurement sur ce point.

2. — DRAIN UNIQUE REPOSANT SUR LA COUCHE IMPERMÉABLE.

Considérons le schéma de la fig. 6 et supposons également une nappe initiale horizontale et un régime permanent.

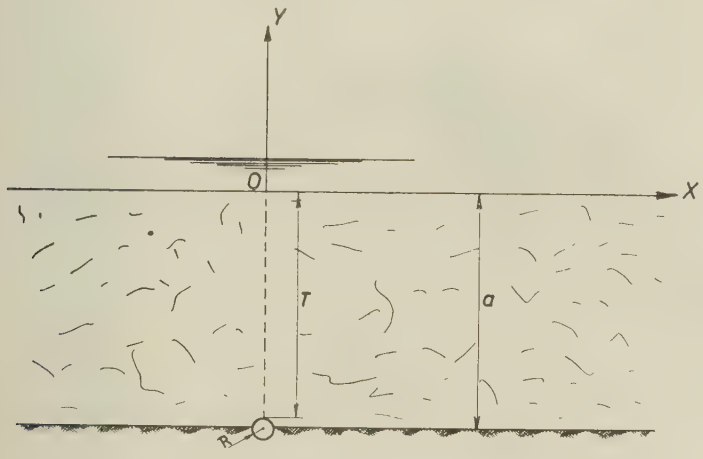
La solution de ce problème a déjà été établie par différents auteurs (Gustafsson 15, Kirkham, 18).

On obtient pour fonction potentielle :

$$\varphi = \frac{-Q}{4\pi} \ln \frac{\left[\cosh \frac{\pi x}{2a} - \sin \frac{\pi y}{2a}\right]^2}{\left[\cosh \frac{\pi x}{2a} + \sin \frac{\pi y}{2a}\right]^2} \qquad (8)$$

a étant approximativement égal à T + R.

FIG. 6



Le réseau de lignes de courant est donné par la relation :

$$\Psi = \frac{Q}{2} - \frac{Q}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{\sinh \frac{\pi x}{2a}}{\cos \frac{\pi y}{2a}} \qquad (9)$$

On obtient le débit Q par un raisonnement analogue à celui tenu précédemment en écrivant que la valeur de la fonction potentielle au point de coordonnées x = o, y = — T, est égale à — KH et en admettant a = T + R

On trouve :

$$Q = \frac{\pi KH}{\ln \operatorname{tg} \frac{\pi}{4} \frac{2T + R}{T + R}} \tag{10}$$

Pour des valeurs croissantes de $\frac{x}{a}$ la fonction $\cosh \frac{\pi x}{2a}$ intervenant dans (8) croit très rapidement et devient rapidement sensiblement égale à

$$\frac{1}{2} e^{\frac{\pi x}{2a}}$$

Pour ces valeurs (pratiquement pour $\frac{x}{a} \geqslant 2$), on peut écrire l'équation ci-dessus sous la forme :

$$-\frac{4\pi\varphi}{Q} = -\frac{4 \sin \frac{\pi y}{2a}}{\cosh \frac{\pi x}{2a}} \tag{8'}$$

Nous avons représenté à la figure 7, les courbes équipotentielles :

$$\frac{\varphi}{KH} = -\frac{1}{2 \ln \operatorname{tg} \frac{\pi}{4} \left(\frac{2T + R}{T + R}\right)} \ln \frac{\cosh \frac{\pi x}{2a} - \sin \frac{\pi y}{2a}}{\cosh \frac{\pi x}{2a} + \sin \frac{\pi y}{2a}}$$

en considérant le cas particulier

$$H = a$$

$$\frac{T}{R} = 19$$

$$a = T + R$$

Posons :

$$\beta = \frac{\pi}{2 \ln \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} \frac{2T + R}{T + R}\right)}$$

On a :

$$\frac{\varphi}{KH} = -\frac{\beta}{\pi} \ln \frac{\cosh \frac{\pi x}{2a} - \sin \frac{\pi y}{2a}}{\cosh \frac{\pi x}{2a} + \sin \frac{\pi y}{2a}}$$

Nous représenterons également la variation de la vitesse V_y le long de Ox et la variation des lignes de courant ou de débit le long de Ox (fig 3 et 4).

On obtient :

$$V_y = \frac{Q}{2a} \frac{-1}{\cosh \frac{\pi x}{2a}} \tag{11}$$

$$\frac{\pi \Psi}{Q} = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arctg} \sinh \frac{\pi x}{2a} \tag{9'}$$

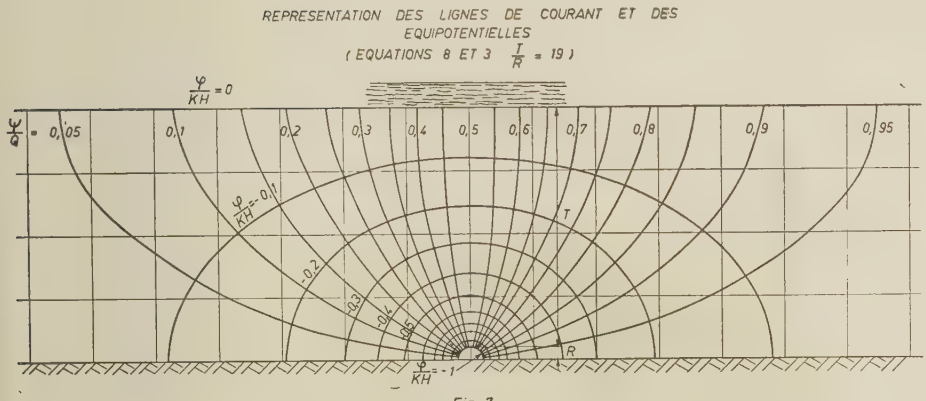


Fig. 7

On voit que le long de Ox, la vitesse est maximum, à l'origine des axes. En ce point, la vitesse est donnée par :

$$V_{max} = \frac{Q}{2a} = \frac{\pi K \frac{H}{a}}{2 \ln \operatorname{tg} \left[\frac{\pi}{4} \left(1 + \frac{T}{T + R} \right) \right]} \tag{11'}$$

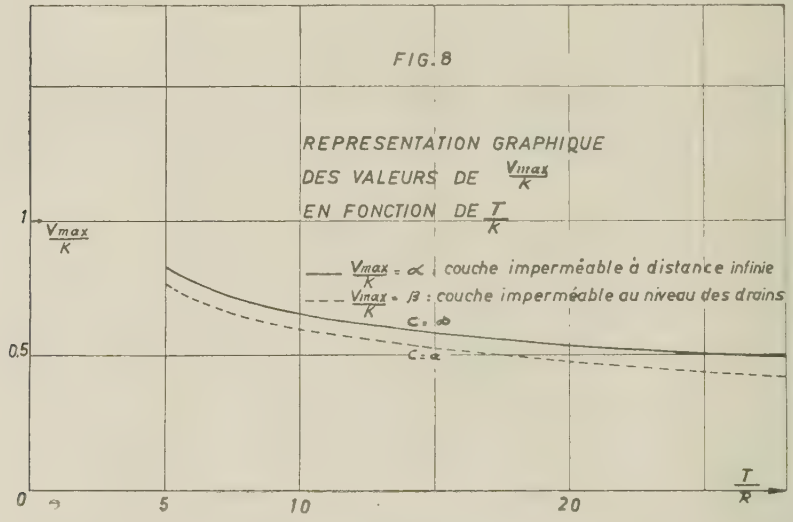
Pour H = a, on obtient :

$$V_{max} = \frac{\pi K}{2 \ln \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} \frac{2T + R}{T + R} \right)} = \beta K \tag{11''}$$

Les résultats des calculs de β sont représentés fig. 8.

On remarquera que la valeur de V_{max} dépend peu de la situation de la couche imperméable pour les valeurs usuelles de $\frac{T}{R}$. Cette conclusion est évidemment très importante sur le plan pratique car elle permet de com-

parer directement les diagrammes de v_y le long de Ox, diagrammes qui permettent de préjuger, qualitativement, des mouvements de la nappe.



Une étude approximative des mouvements de la nappe sera obtenue, pour des valeurs de t suffisamment faibles, et pour $\frac{x}{a} > 1{,}5$, en écrivant l'équation différentielle suivante, le long d'une trajectoire supposée verticale :

$$t = \frac{2a}{Q} \int_0^y \frac{dy}{v_y} \qquad (12)$$

$$-t = \frac{2ay}{Q} \cosh \frac{\pi x}{2a}$$

$$-t = \frac{y}{\beta K} \cosh \frac{\pi x}{2a} \qquad (12')$$

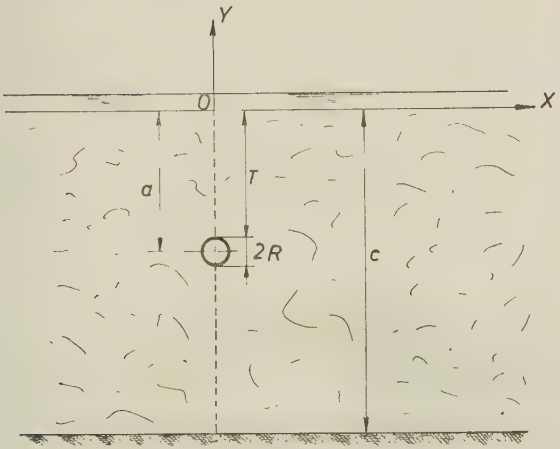
3. — Drain unique, couche imperméable a distance finie, nappe horizontale

Les résultats numériques seront intermédiaires entre les 2 cas précédents. Le schéma est représenté fig. 9.

L'équation de la fonction potentielle est donnée par Gustafsson (p. 10, formule 39) et par Kirkham (18).

$$\varphi = -\frac{Q}{4\pi} \ln \frac{\left[\cosh \frac{\pi x}{2c} - \cos \frac{\pi (y-a)}{2c}\right]\left[\cosh \frac{\pi x}{2c} + \cos \frac{\pi (y+a)}{2c}\right]}{\left[\cosh \frac{\pi x}{2c} + \cos \frac{\pi}{2c}(y-a)\right]\left[\cosh \frac{\pi x}{2c} - \cos \frac{\pi}{2c}(y+a)\right]} \quad (13)$$

FIG. 9



L'étude numérique se simplifie pour les valeurs extrêmes de $\frac{x}{c}$:

1) $\frac{x}{c}$ *est grand.*

Pour $\frac{x}{c} > 5$ on peut négliger les termes en sin, cos, devant les termes en cosh.

Dans ces conditions, on peut écrire

$$\varphi = \frac{Q}{\pi} \frac{\sin \frac{\pi y}{2c} \sin \frac{\pi a}{2c}}{\cosh \frac{\pi x}{2c}} \quad (13')$$

2) $\frac{x}{c}$ *est proche de O.*

Pour $\frac{x}{c} = 0$, la formule (13) devient :

$$\varphi = -\frac{Q}{2\pi} \ln \frac{\operatorname{tg} \frac{\pi(y - a)}{4c}}{\operatorname{tg} \frac{\pi(y + a)}{4c}} \tag{14}$$

La formule (14) nous permettra de calculer Q en écrivant que la fonction potentielle au point de coordonnées x = O, y = — T, a pour valeur : -KH.

On obtient :

$$Q = \frac{2\pi KH}{\ln \frac{\operatorname{tg} \frac{\pi}{4} \frac{2T + R}{c}}{\operatorname{tg} \frac{\pi}{4} \frac{R}{c}}} \tag{15}$$

Le débit est proportionnel à KH et dépend d'une fonction de $\frac{T}{R}$ et de $\frac{c}{R}$.

On retrouve facilement les valeurs précédentes correspondant à c = a et c = ∞

Vitesse le long de Ox.

Elle a pour valeur :

$$V_y = \frac{Q}{2c} \frac{\sin \frac{\pi a}{2c} \cosh \frac{\pi x}{2c}}{\sin^2 \frac{\pi a}{2c} + \sinh^2 \frac{\pi x}{2c}} \tag{16}$$

Pour $\frac{x}{c}$ supérieur à 5, on peut écrire que

$$V_y = \frac{Q}{2c} \frac{\sin \frac{\pi a}{2c}}{\cosh \frac{\pi x}{2c}} \tag{16'}$$

Pour x = O, la vitesse est maximum et a pour valeur

$$V_{max} = \frac{Q}{2c \sin \frac{\pi a}{2c}} \tag{17}$$

Pour H = a

$$V_{max} = \frac{\pi K a}{c \sin \frac{\pi a}{2c} \ln \frac{\operatorname{tg} \frac{\pi}{4} \frac{2T + R}{c}}{\operatorname{tg} \frac{\pi}{4} \frac{R}{c}}} = \gamma K \qquad (18)$$

D'où :

$$Q = 2c \; V_{max} \sin \frac{\pi a}{2c}$$

$$Q = 2c \sin \frac{\pi a}{2c} \gamma K \qquad (19)$$

Sous cette forme, on peut voir que le rapport γ varie essentiellement en fonction de $\frac{T}{R}$ entre deux valeurs limites de $\frac{c}{a}$ correspondant aux équations (5') et (11'').

Dans le cas $\frac{c}{a} = 1$, le coefficient γ s'identifie à α. Dans le cas $\frac{c}{a} = \infty$, le coefficient γ s'identifie à β. L'intervalle de variation est représenté fig. 8.

Pour des valeurs intermédiaires de $\frac{c}{a}$, une approximation suffisante sera obtenue à partir d'une interpolation linéaire en fonction de $\frac{a}{c}$.

Rapport $\frac{V_y}{V_{max}}$ *pour* y = o.

$$\frac{V_y}{V_{max}} = \frac{\sin^2 \frac{\pi a}{2c} \cdot \cosh \frac{\pi x}{2c}}{\sin^2 \frac{\pi a}{2c} + \sinh^2 \frac{\pi x}{2c}}$$

On sait que pour u < 1, on peut écrire, avec une assez bonne approximation :

$$\operatorname{ch} u = 1 + \frac{u^2}{2}$$

$$\sinh u = u + \frac{u^3}{6}$$

$$\sinh^2 u = u^2 + \frac{u^4}{3}$$

Si on peut admettre cette simplification, c'est-à-dire dans le cas où $\frac{x}{c} < 1$, la formule s'écrira :

$$\frac{V_y}{V_{max}} = \frac{1 + \frac{1}{2}\left(\frac{\pi x}{2c}\right)^2}{1 + \left(\frac{x}{a}\right)^2 + \frac{1}{3}\left(\frac{x}{a}\right)^2\left(\frac{\pi x}{2c}\right)^2}$$

qui se simplifie encore, pour $\frac{x}{c} < 0{,}5$ en

$$\frac{V_y}{V_{max}} = \frac{1}{1 + \left(\frac{x}{a}\right)^2}$$

Dans le cas où $\frac{x}{c} > 1$, on peut admettre avec une approximation supérieure à 5 % que :

$$\frac{V_y}{V_{max}} = \frac{\sin^2 \frac{\pi a}{2c}}{\cosh \frac{\pi x}{2c}}$$

Ces diverses relations permettent le calcul de l'allure des nappes de rabattement.

4. — Drains multiples, uniformément écartés de l, avec nappe initiale horizontale et couche imperméable a distance infinie.

Le schéma est celui de la fig. 10.

Les cas a été étudié par Gustafsson, qui a établi que :

$$\varphi = -\frac{Q}{4\pi} \ln \frac{\cosh \frac{2\pi}{l}(y - a) - \cos \frac{2\pi x}{l}}{\cosh \frac{2\pi}{l}(y + a) - \cos \frac{2\pi x}{l}} \qquad (20)$$

$$V_y = \frac{Q}{2l}\left[\frac{\sinh \frac{2\pi}{l}(y - a)}{\cosh \frac{2\pi}{l}(y - a) - \cos \frac{2\pi x}{l}} - \frac{\sinh \frac{2\pi}{l}(y + a)}{\cosh \frac{2\pi}{l}(y + a) - \cos \frac{2\pi x}{l}}\right] \qquad (21)$$

Le long de Ox, on a :

$$V_y = \frac{-Q}{l} \frac{\sinh \frac{2\pi a}{l}}{\cosh \frac{2\pi a}{l} - \cos \frac{2\pi x}{l}} \qquad (21')$$

On voit que la variation de V_y est périodique et oscille entre des valeurs maxima (pour $x = o, \pm l, \pm 2l$ etc... et minima (pour $x = \pm \frac{l}{2} \pm \frac{3l}{2} \pm \frac{5l}{2}$ etc...)

On a :

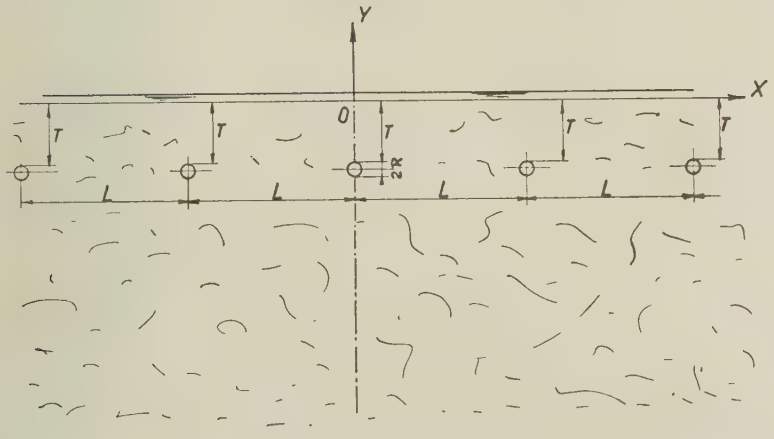
$$V_{max} = \frac{Q}{l} \operatorname{cotgh} \frac{\pi a}{l} \qquad (22)$$

$$V_{min} = \frac{Q}{l} \operatorname{tgh} \frac{\pi a}{l} \qquad (23)$$

On déduit, de la même façon que précédemment :

$$Q = \frac{2\pi\ KH}{\ln \frac{\sinh \frac{\pi}{l}(2T + R)}{\sinh \frac{\pi R}{l}}} \qquad (24)$$

FIG. 10



En première approximation, et comme le rapport $\frac{T}{l}$ est toujours assez proche de o, on peut simpllifier en

$$Q = \frac{2\pi\ KH}{\ln \frac{2T + R}{R}} = a\ \pi\ KH \qquad (3')$$

formule précédemment établie.

L'écartement n'a donc pas d'influence sensible sur le débit.

La vitesse de rabattement du milieu de la nappe résulte de l'équation (23)

Si on peut assimiler :

$$\text{tgh}\ \frac{\pi H}{l} = \frac{\pi H}{l}$$

on obtient :

$$V_{min} = \frac{2\pi^2}{\ln \frac{2T + R}{R}} \frac{KH^2}{l^2} = a\ \frac{\pi^2\ KH^2}{l^2} \qquad (25)$$

Pour les valeurs usuelles, on peut considérer que $\frac{T}{R}$ varie de 5 à 20 et que le facteur intervenant au dénominateur varie de 2,4 à 3,7. Pour une valeur moyenne de $\frac{T}{R}$ proche de 10, on peut écrire :

$$V_{min} = \frac{2\pi\ K\ H^2}{l^2} \qquad (25')$$

5.— Drains multiples, uniformément écartés de l, avec nappe initiale horizontale et posés sur une couche imperméable horizontale.

Le schéma est celui de la fig. 11.

Ce problème a également été étudié par Gustafsson mais les formules auxquelles il aboutit sont très difficiles à employer.

Nous préférons discuter de ce problème en écrivant que la définition du réseau d'équipotentielles peut être donnée par :

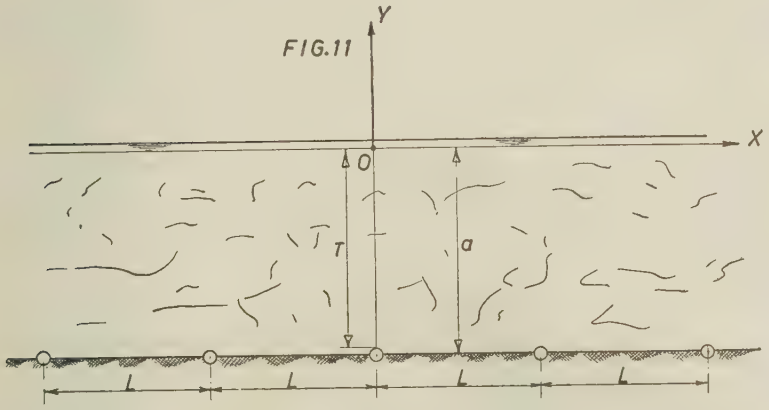
$$\varphi = -\frac{Q}{2\pi} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \ln \frac{\cosh \frac{\pi(x - nl)}{2a} - \sin \frac{\pi y}{2a}}{\cosh \frac{\pi\ (x - nl)}{2a} + \sin \frac{\pi y}{2a}} \qquad (26)$$

n étant un entier et variant de $-\infty$ à $+\infty$.

Nous avons vu précédemment que la fonction φ définie par la formule 8 convergeait rapidement vers o dès que l'on s'éloignait du drain. Ceci nous permettra d'écrire les valeurs suivantes approchées de φ, avec une approxi-

mation très suffisante pour les besoins de la pratique, pour x compris entre o et l.

$$\varphi = \frac{-Q}{2\pi} \ln \frac{\left[\cosh \frac{\pi x}{2a} - \sin \frac{\pi y}{2a}\right]\left[\cosh \frac{\pi (x-l)}{2a} - \sin \frac{\pi y}{2a}\right]}{\left[\cosh \frac{\pi x}{2a} + \sin \frac{\pi y}{2a}\right]\left[\cosh \frac{\pi (x-l)}{2a} + \sin \frac{\pi y}{2a}\right]} \qquad (26')$$



Cette formule se simplifie pour : $x = \frac{l}{2}$:

$$\varphi = -\frac{Q}{\pi} \ln \frac{\cosh \frac{\pi l}{4a} - \sin \frac{\pi y}{2a}}{\cosh \frac{\pi l}{4a} + \sin \frac{\pi y}{2a}} \qquad (26'')$$

que l'on comparera au résultat obtenu en utilisant directement la formule 8. En conclusion, le débit Q se calculera comme précédemment et aura la même valeur (10). Des formules de simplification analogues à 8' peuvent évidemment être établies.

La vitesse d'assainissement, au milieu des files de drain, et le long de Ox $\left(x = \frac{l}{2}, y = o\right)$ est donnée par :

$$V_y = \frac{Q}{a} \frac{1}{\cosh \frac{\pi l}{4a}} \qquad (27)$$

formule déduite directement de (11) et Q se calculant par la formule (10).

Comme $\frac{l}{a}$ est toujours beaucoup plus grand que 1 (en pratique $\frac{l}{a}$ dépasse 10) on peut écrire, en admettant H = a :

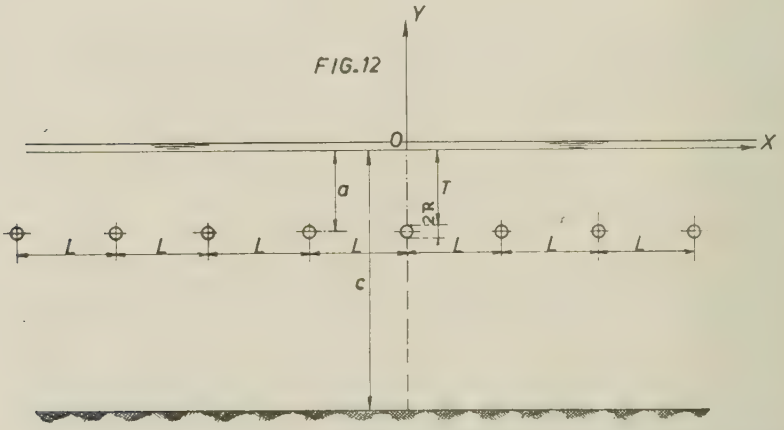
$$V_y = \frac{2Q}{a} e^{-\frac{\pi l}{4a}} = \frac{2\pi K e^{-\frac{\pi l}{4a}}}{\ln tg \frac{\pi}{4} \frac{2T + R}{T + R}} \quad (28)$$

$$= 4 \beta K e^{-\frac{\pi l}{4a}} \quad (28')$$

6. — Drains multiples uniformément écartés de l au dessus d'une couche imperméable a distance finie.

Le schéma est celui de la fig. 12.

Pour la même raison que précédemment, nous n'utiliserons pas la solution de Gustafsson. Nous calculerons la solution à partir des formules 13' ou 20, du moins pour la partie centrale de la nappe.



Pour des raisons identiques à celles développées au paragraphe précédent nous pourrons admettre que le débit Q sera donné, avec une approximation suffisante par :

$$Q = 2c \sin \frac{\pi a}{2c} \gamma . K. \quad (19)$$

$$\gamma = \frac{\pi a}{c \sin \frac{\pi a}{2c} \ln \frac{tg \frac{\pi}{4} \frac{2T + R}{c}}{tg \frac{\pi}{4} \frac{R}{c}}} \quad (18)$$

et que la vitesse au milieu des drains ($x = \frac{l}{2}$, $y = o$) est donnée par :

$$V_y = \frac{Q}{c} \frac{\sin \frac{\pi a}{2c} \cosh \frac{\pi l}{4c}}{\sin^2 \frac{\pi a}{2c} + \sinh^2 \frac{\pi l}{4c}} \tag{29}$$

Il est évident que pour c suffisamment grand, les formules (19) et (29) doivent donner des résultats numériques convergeant vers les valeurs calculées à partir de

$$Q = \frac{2\pi KH}{\ln \frac{\sinh \frac{\pi}{l}(2T + R)}{\sinh \frac{\pi H}{l}}} \tag{24}$$

$$V_y = \frac{Q}{l} \operatorname{tgh} \frac{\pi H}{l} \tag{23}$$

Les calculs numériques montrent que la convergence est très rapide et que l'erreur s'annule pratiquement pour c supérieur à 0,5 l (Elle est d'environ 45 % pour c = 0,25 l et n'est plus que de 5 % pour c = 0,5 l)

Nous admettons donc que pour c supérieur à 0,5 l, on peut employer les formules (23) et (24).

D'autre part, pour des valeurs de c inférieures à 0,25 l, on commet une erreur inférieure à 1 %, en écrivant :

$$V_y = \frac{Q}{c} \frac{\sin \frac{\pi H}{2c}}{\cosh \frac{\pi l}{4c}} \tag{29'}$$

$\frac{Q}{c}$ étant donné par la formule (19).

Pour c compris entre 0,25 l et 0,5 l, l'erreur est plus grande et peut atteindre 12 % dans le cas limite c = 0,5 l.

7. — Cas ou la tranchée de drainage constitue un milieu tres perméable par rapport au terrain environnant.

Au cours des six paragraphes précédents, nous avons supposé que le sol était homogène et isotrope. Pratiquement, la présence de tranchées remblayées, provoque une discontinuité. Le cas extrême est celui où cette dis-

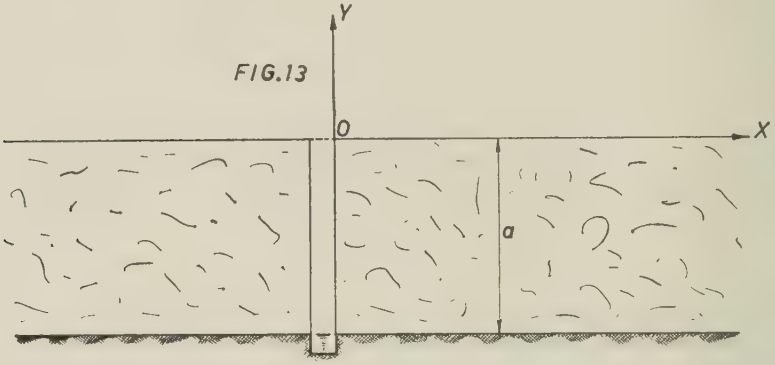
continuité aboutit à la constitution d'un remblai de perméabilité infiniment plus grande que le terrain environnant.

Dans ce cas et si on part d'une nappe initiale horizontale, la répartition de la fonction potentielle sera linéaire au-dessus du drain.

Considérons tout d'abord le schéma traité au paragraphe 2, c'est-à-dire le drainage par une tranchée unique creusée jusqu'à la couche imperméable.

Le schéma est celui de la fig. 13.

FIG.13



Le problème a été étudié par Kirkham (19) pour le cas de drains écartés de l.

Moyennant quelques calculs complémentaires pour aboutir au cas du drain unique ($l \to \infty$) on obtient facilement, n'étant un entier, impair :

$$\frac{\varphi}{K} = H - \sum_{n=1,3,}^{\infty} \frac{8H}{n^2\pi^2} \cos \frac{n\pi\,(H + y)}{2H}\, e^{-\frac{n\pi x}{2H}} \qquad (30)$$

$$\psi = \sum_{n=1,3,5}^{\infty} \frac{8KH}{n^2\,\pi^2} \sin \frac{n\pi\,(H + y)}{2H}\, e^{-\frac{n\pi x}{2H}} \qquad (31)$$

Le long de Ox :

$$V_y = -\frac{4K}{\pi} \operatorname{arctg} e^{-\frac{\pi x}{2H}} \qquad (32)$$

Si on pose

$$e^{-\frac{\pi x}{2H}} = u \qquad (33)$$

$$V_y = -\frac{4K}{\pi}\left[u - \frac{u^3}{3} + \frac{u^5}{5} \ldots,\right] \qquad (32')$$

La convergence est très rapide et, pour $\frac{x}{H}$ supérieur à 1,5 on peut écrire (avec une erreur inférieure à 0,003), que

$$V_y = -\frac{4K}{\pi} e^{-\frac{\pi x}{2H}} \qquad (32'')$$

Rappelons que, au paragraphe 2 nous avions :

$$V_y = \frac{Q}{2a} \frac{-1}{\cosh \frac{\pi x}{2a}} \qquad (11)$$

$$Q = \frac{\pi K}{\ln \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} \frac{2T + R}{T + R} \right)} \qquad (10)$$

$$\beta = \frac{\pi}{2 \ln \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} \frac{2T + R}{T + R} \right)} \qquad (11'')$$

D'où :

$$V_y = \frac{-\beta K}{\cosh \frac{\pi x}{2a}} \qquad (11''')$$

Les formules (32'') et (11''') aboutissent à des résultats identiques pour $\beta = 0{,}6366$, ce qui correspond à une valeur normale de $\frac{T}{R}$ (comprise entre 8 et 9).

Au lieu de considérer le cas d'un seul drain, nous aurions pu considérer le cas de tranchées de drainage, également écartées de l et le long desquelles la fonction potentielle varie linéairement.

En utilisant la solution proposée par Kirkham, et en dérivant la fonction φ par rapport à y, on obtient, en considérant $y = 0$:

$$V_y = -\frac{4K}{\pi} \sum_{n=1,3,5}^{\infty} (+1)^{\frac{n-1}{2}} \frac{\cosh \frac{n\pi}{2H} \left(\frac{l}{2} - x \right)}{\cosh n\pi \frac{\frac{l}{2}}{2H}} \qquad (34)$$

On vérifie facilement que, pour $l \gg 2H$, ce qui est le cas normal de la pratique, et $x = l/2$, on aboutit à :

$$V_y = \frac{-8K}{\pi} \operatorname{arctg} e^{\frac{-\pi l}{4H}} \qquad (35)$$

Comparons les formules (32), (32'') (11''') et (35).

Nous en déduisons la conclusion suivante, très importante pour le parti que nous allons en tirer :

Toute différence de potentiel entre le drain et le sommet de la nappe, supposée horizontale, provoque une répartition du champ des vitesses, sensiblement indépendante de la répartition de la fonction potentielle au-dessus du drain.

Ceci suppose, évidemment, que la fonction potentielle varie d'une façon constamment décroissante entre le plan de la nappe et le périmètre du drain et que nous nous plaçons dans les conditions de la pratique (H petit devant x, point où on considère v_y).

Dès lors, les conclusions des paragraphes 1 à 6 restent valables pour définir la valeur de v_y au milieu des drains ou à proximité de ce point.

On en déduit les formules ci-dessous :

I. *Drains à proximité de la couche imperméable* ($c < 0{,}25\ l$)

$$V_y = -\frac{2\gamma\ K \sin^2 \frac{\pi H}{2c}}{\cosh \frac{\pi l}{4c}} \tag{36}$$

$$\gamma = \frac{\pi H}{c \sin \frac{\pi H}{2c} \ln \frac{\operatorname{tg} \frac{\pi}{4} \frac{2T + R}{c}}{\operatorname{tg} \frac{\pi}{4} \frac{R}{c}}} \tag{18}$$

Une approximation suffisante de la valeur de γ est obtenue par interpolation linéaire en fonction des valeurs extrêmes de $\frac{a}{c}$ (o et 1) pour lesquelles γ d'identifie à β (équation II'' et fig. 8) ou à α (équation 5 et fig. 8)

2. *Drains éloignés de la couche imperméable* ($c > 0{,}5\ l$)

$$V_y = -\frac{\alpha\ \pi^2\ KH^2}{l^2} \tag{25}$$

$$\alpha = \frac{2}{\ln \frac{2T + R}{R}} \tag{5}$$

3. *Drains à distance intermédiaire de la couche imperméable.* (0, 25 l < c < 0,5 l).

$$V_y = - \frac{2\gamma K \sin^2 \frac{\pi H}{2c} \cosh \frac{\pi l}{4c}}{\sin^2 \frac{\pi a}{2c} + \sinh^2 \frac{\pi l}{4c}} \qquad (37)$$

Ces formules se simplifient encore si l'on admet que dans le premier cas, on peut considérer $\gamma = \beta$

$$\beta = \frac{\pi}{2 \ln \operatorname{tg} \frac{\pi}{4} \frac{2T + R}{T + R}} \qquad (11'')$$

ou si l'on admet une valeur constante de $\alpha = \beta = \gamma = \frac{2}{\pi}$

correspondant aux valeurs de $\frac{T}{R}$ proches de 10.

Les résultats numériques de ces formules diffèrent sensiblement des résultats des formules classiques (cf formule de Hooghoudt, formule de l'ellipse, etc...) dans le cas ou c est inférieur à 0,25 l.

La différence, dans ce cas, est d'autant plus sensible que $\frac{H}{l}$ est petit, par suite des lois de variation différentes (exponentielles ou paraboliques).

Par exemple, dans le cas où c est proche de H, on peut constater que la vitesse de drainage converge rapidement vers 0 dès que l > 10c. Ceci signifie que, pour les grands écartements, la loi de drainage diffère considérablement des lois traditionnelles.

8. — Nappes de drainage en régime variable.

Au paragraphe 1 nous avons amorcé une tentative de description de la formation d'une nappe de rabattement.

Il est évident que nos hypothèses de calcul étaient inexactes puisque nous supposions invariables, en fonction du temps, les caractéristiques de l'écoulement.

Nous devons faire intervenir les caractéristiques d'un mouvement variable.

Selon Schneebeli (20), la théorie générale des mouvements variables a été exposée pour la première fois par Boussinesq dans une série de notes (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8), présentées à l'Académie des Sciences de Paris entre le 6 juillet 1903 et le 22 août 1904. Ces notes de Boussinesq, résumées par Huguès et Habib (16), constituent encore aujourd'hui, nous semble-t-il, le document le plus général que nous possèdions en cette matière. Les publications récentes de Glover, signalées par Dumm (13), de Ferris (14) et de

Walker (23) n'apportent pas une grande contribution aux résultats déjà présentés par Boussinesq, dont les travaux semblent inconnus par beaucoup d'auteurs.

En conclusion, ainsi que le remarque Van Schilfgaarde (21), (22), il ne semble pas qu'il existe actuellement une solution satisfaisante au problème, si ce n'est le calcul de solutions numériques de l'équation générale du mouvement varié, telle que l'avait établie Boussinesq, reprise récemment par Kirkham et Gaskell (17) :

$$\frac{P}{K}\frac{\delta h}{\delta t} = \left(\frac{\delta \varphi}{\delta x}\right)_{y=h}\frac{\delta h}{\delta x} - \left(\frac{\delta y}{\delta y}\right)_{y=h} \qquad (40)$$

Dans cette équation :

P = Porosité

K = coefficient de perméabilité

φ = charge piézométrique : $y + \frac{p}{\delta}$

p = pression hydrostatique

δ = poids spécifique du liquide

h = ordonnée de la surface libre, par rapport à un plan de référence horizontal

x et y = coordonnées horizontales et verticales

t = temps.

Pour résoudre cette équation on admet généralement que les pores se drainent complètement et instantanément lors de l'abaissement de la nappe.

Moyennant cette simplification, la solution de l'équation (40) ne présente pas de difficultés théoriques et on peut utiliser les techniques de la relaxation (Kirkham et Gaskell 17) ou combiner le procédé avec les ressources de l'analogie électrique (Schneebeli et Huard de la Marre, 20) ou utiliser entièrement l'analogie électrique (Childs, 9 à 12). Malheureusement ces procédés sont très lents et très fastidieux, soit au point de vue calculs, soit en exécution. Il en résulte qu'ils ne sont pas utilisés par les techniciens.

Une solution pratique du problème consiste à utiliser les possibilités de calcul des machines électroniques.

Elle fera l'objet de la seconde partie de cet article.

BIBLIOGRAPHIE.

1. Boussinesq J. Sur le débit, en temps de sécheresse d'une source alimentée par une nappe d'eau d'infiltration. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. t. 136, pp. 1511-1517, Paris 1903.
2. Boussinesq J. Sur un mode simple d'écoulement des nappes d'eau d'infiltration à lit horizontal avec rebord vertical tout autour, lorsqu'une

partie de ce rebord est enlevée depuis la surface jusqu'au fond ». *Comptes rendus de l'Academie des Sciences*, t. 137, Paris 1903, pp. 5-11.

3. Boussinesq J. Sur la stabilité d'un certain mode d'écoulement d'une nappe d'eau d'infiltration. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. 137, pp. 101-106, Paris 1903.
4. Boussinesq J. Extension à des cas où le fond est courbe du mode d'écoulement qui se conserve dans une nappe d'eau d'infiltration reposant sur un fond plat. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. t. 137, pp. 153-158, Paris 1903.
5. Boussinesq J. Application de la théorie générale de l'écoulement des nappes aqueuses infiltrées dans le sol, aux fortes sources des terrains perméables, et en particulier, à plusieurs de celles qui alimentent Paris. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, t. 138, pp. 117-123, Paris 1904.
6. Boussinesq J. Équations générales du mouvement des nappes d'eau infiltrées dans le sol. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. 139, pp. 387-391, Paris 1904.
7. Boussinesq J. Équation de deuxième approximation pour l'écoulement des nappes d'eau infiltrées dans le sol et à faibles pentes. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. 139, p. 417-421, Paris 1904.
8. Boussinesq J. Petites dénivellations d'une masse aqueuse infiltrée dans le sol, de profondeurs quelconques avec ou sans écoulement au dehors. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. 139, p. 441-445, Paris 1904.
9. Childs E. C. The water table, equipotentials and streamlines in drained land I. *Soil Science*, Vol. 56, pp. 317-330, 1943.
10. Childs E. C. The water table, equipotentials and streamlines in drained land II. *Soil Science*, Vol 59, pp. 317-327, 1945.
11. Childs E. C. The water table, equipotentials and streamlines in drained land III. *Soil Science*, Vol. 59, pp. 405-415, 1945.
12. Childs E. C. The water table, equipotentials and streamlines in drained land V. The moving water table. *Soil Science*, vol. 63, pp. 361-376, 1947.
13. Dumm Lee D. New formula for determining depth and spacing of subsurface drains in irrigated lands. *Agricultural Engineering*, Vol. 35, pp. 726-730, Octobre 1954.
14. Ferris John C. A quantitative method for determining ground water characteristics for drainage design. *Agricultural Engineering*, vol. 31, pp. 285-289 et p. 291, Juin 1950.
15. Gustafsson Yngve. Untersuchungen über die Strömungsverhältnisse in gedränten Boden. *Acta Agricultura Sueana*, II, Stockholm 1946.
16. Hugues L. et Habib J. Sur les nappes de drainage en régime variable. *Revue Générale de l'Hydraulique*, n° 55 et 56, Paris 1950, 16 pages.
17. Kirkham Don and R. E. Gaskell. The falling water table in tile and ditch drainage, *Proceedings Soil Science Society of America*, vol. 15, 1951, pp. 37-42.
18. Kirkham Don Seepage of Ponded water into drain tubes in soil overlying an impervious layer. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 30, pp. 369-385, June 1948.
19. Kirkham Don Seepage into ditches in the case of a plane watertable and an impervious substratum. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 31, pp. 425-430, June 1950.

20. SCHNEEBELI M. et HUARD DE LA MARRE. Nouvelles méthodes de calcul pratique des écoulements de filtration non permanente à surface libre. *La Houille Blanche*, pp. 760-775, n° spécial B, 1953.
21. VAN SCHILFGAARDE J. Theory of Land Drainage. Approximate Solutions to drainage flow problems. *Drainage of Agricultural Lands. American Society of Agronomy*, vol. 7, pp. 79-112.
22. VAN SCHILFGAARDE J. KIRKHAM DON, FREVERT R. K. Physical and Mathematical Theories of tile and ditch drainage and their Usefulness in design. *Research Bulletin*, 426, *February* 1956, *Agricultural Experiment Station, Iowa State Collège Ames.*
23. WALKER P. Depth and spacing for drain laterals as computed from core-sample permeability measurements. *Agricultural Engineering*, vol. 33, pp. 71-73, 1952.
24. WESSELING J. Enige aspecten van de waterbeheersing in landbouwgronden. *Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen*, n° 63, 5, pp. 1-90. La Haye, 1957.

COMITÉ NATIONAL POUR L'ÉTUDE DE LA CULTURE FRUITIÈRE (I.R.S.I.A.) (*)
ET
BUREAU DE BIOMÉTRIE (I.R.S.I.A.) (**)

Influence de l'opérateur sur l'échantillonnage foliaire du pommier (***)

par T. Trzcinski et Anne Lenger

1. — Introduction.

11. L'échantillonnage *au hasard*, dans le cas où l'unité de prélèvement est la feuille de pommier par exemple, consiste à cueillir un nombre n déterminé de feuilles dans une population de N unités *de telle sorte que, à tous moments, les feuilles de l'arbre aient une chance égale d'être choisies* (W. G. Cochran, 1953).

Pour réaliser cet échantillonnage, il faut dresser sur papier le plan de l'arbre, branche par branche et feuille par feuille, repérer à l'aide de tables de nombres au hasard, par exemple (R. A. Fisher et. F. Yates, 1957), le matériel biologique qui constitue l'échantillon, exécuter enfin sur le terrain le prélèvement ainsi prévu. L'échantillon étant obtenu selon le hasard le plus strict est représentatif de la population des feuilles de l'arbre, tant sous le rapport du poids sec que de la teneur en un élément chimique quelconque.

Mais un tel échantillonnage est très difficilement réalisable, pour ne pas dire impossible, dans la pratique. C'est pourquoi on *simplifie* généralement au maximum le processus que nous venons de décrire : l'opérateur se contente très souvent de cueillir, au hasard des rencontres, des feuilles situées à hauteur d'homme (Méthode simplifiée d'échantillonnage au hasard).

12. Notre but ici est de montrer que ce procédé d'échantillonnage prétendûment au hasard est en réalité anthropomorphisé (L. Martin, 1958). En d'autres termes, l'échantillon obtenu est *biaisé* du fait de l'homme.

(*) Sous la présidence du Prof. A. Lecrenier.
(**) Sous la direction du Dr. L. Martin.
(***) Déposé à la rédaction le 25 juillet 1958.

2. — Description de l'essai (*).

Deux opérateurs (T, H) ont prélevé sur huit pommiers basses-tiges de la variété Belle de Boskoop (n° 564, 607, 654, 601, 609, 566, 580, 587) deux échantillons de 30 feuilles selon le procédé décrit dans l'introduction sous le titre de Méthode simplifiée d'échantillonnage au hasard. Chacun des lots de 30 feuilles a été analysé chimiquement en vue de déterminer le poids moyen de matière sèche (M.S.) et les poids absolus moyens de six éléments (N, P_2O_5, K_2O, Na_2O, MgO, Fe_2O_3) d'une feuille (poids unitaires moyens).

Méthode d'analyse chimique :

Chacun des lots de 30 feuilles a été séché à 105° C et pesé (poids sec des feuilles = M.S.). On a ensuite déterminé les six éléments notés ci-dessus, par des techniques publiées antérieurement (Demortier et Trzcinski, 1948).

3. — Analyse biométrique des resultats de l'essai.

31. *Présentation des résultats.*

L'étude biométrique porte sur les quotients (N/M.S., P_2O_5/M.S., K_2O/M.S., Na_2O/M.S., MgO/M.S., Fe_2O_3/M.S.) exprimés en pourcents d'une part et les logarithmes décimaux ($\log_{10}$) des poids (mgr.) de la matière sèche (M.S.) et des six éléments analysés (N, P_2O_5, K_2O, Na_2O, MgO, Fe_2O_3) d'autre part (T. Trzcinski et al., 1958).

Nous donnons dans les tableaux I et II respectivement les moyennes des quotients et les moyennes des logarithmes décimaux des poids par arbre et par opérateur.

32. *Analyse de la variance des résultats.*

Les analyses de la variance des résultats expérimentaux, exprimés sous l'une ou l'autre des deux formes précitées, répondent au schéma donné dans le tableau III.

Selon ce schéma, on contrôle les sources de variation dues aux facteurs *arbre* et *opérateur* ainsi qu'à leur interaction. En vertu de la décomposition des variances (modèle mixte : arbres = blocs au hasard, opérateurs fixés, d'après G. W. Snedecor, 1956), on teste le facteur *arbre* et l'interaction *arbre* × *opérateur* par rapport à l'erreur résiduelle, tandis que le facteur *opérateur* est testé par rapport à l'interaction.

Nous notons, dans les tableaux IV et V, les valeurs des carrés moyens (C.M) calculées à partir des résultats expérimentaux exprimés en quotients

(*) Dans la réalisation de cette partie de l'essai, nous fûmes aidés par Mr. J. Vanharen, prép. techn. au Comité.

d'une part, en logarithmes décimaux des poids d'autre part. Les carrés moyens (C.M.) significatifs au seuil 5 % sont notés d'un astérisque, au seuil 1 % de deux astérisques et au seuil 1 ‰ de trois astérisques.

33. *Interprétation des résultats.*

331. *Résultats expérimentaux exprimés en quotients*

Reprenons les valeurs des quotients moyens par opérateur et leurs différences :

100 x.....	N/MS	P_2O_5/MS	K_2O/MS	Na_2O/MS	MgO/MS	Fe_2O_3/MS
T (opér.)	1,665	0,558	1,723	0,050	0,361	0,030
H (opér.)	1,676	0,564	1,743	0,055	0,355	0,028
Différences	—0,011	—0,006	—0,020	—0,005	+0,006	+0,002

Ces différences sont minimes. De plus, les différences entre opérateurs *par arbre* sont positives grosso modo dans un cas sur deux seulement (cfr. couples de valeurs encadrés dans le Tableau I). Enfin, les valeurs des carrés moyens (C.M.) notées dans le tableau IV indiquent que l'essai ne permet pas de mettre en évidence un effet significatif du facteur *opérateur*.

332. *Résultats expérimentaux exprimés en log_{10} des poids*

Reprenons les valeurs des logarithmes décimaux moyens des poids par opérateur et leurs différences :

Log_{10}....	M. S.	N	P_2O_5	K_2O	Na_2O	MgO	Fe_2O_3
T (opér.)	-0,171	1,049	0,559	1,064	-0,477	0,381	-0,702
H (opér.)	-0,215	1,008	0,521	1,019	-0,481	0,330	-0,768
Différences	+0,044	+0,041	+0,038	+0.045	+0,004	+0,051	+0,066

On constate que l'opérateur T prélève en moyenne des feuilles de poids sec plus élevé que l'opérateur H, c'est-à-dire des feuilles de plus grande surface. Et leur teneur moyenne en cinq des six éléments étudiés est également plus élevée (seule la différence des log_{10} moyens de Na_2O est insignifiante).

De plus, les différences entre opérateurs se marquent *dans le même* sens entre les moyennes *par arbre* dans six, voire sept cas sur huit pour la matière sèche et tous les éléments à l'exception de Na_2O (cfr. couples de valeurs non encadrés du tableau II).

Cependant, les analyses de la variance (tableau V) ne mettent en évidence, sur la base de l'essai, un effet significatif (seuil 5 % au moins) du facteur *opérateur* que sur les logarithmes décimaux des poids de M.S., N et K_2O alors que les log_{10} moyens des poids de P_2O_5, MgO et Fe_2O_3 accusent des différences entre opérateurs tout aussi importantes. Ceci s'explique par le fait que les carrés moyens (C.M.) de l'interaction — témoins de la sensibilité de l'élément étudié —, bien que non significatifs, sont notablement plus élevés pour P_2O_5, MgO et Fe_2O_3 que pour M.S., N et K_2O. C'est

pourquoi nous sommes tentés de croire que, même dans ces trois premiers cas, le facteur *opérateur* est déterminant. Il l'est, en tout état de cause et de manière irréfutable, dans les trois derniers cas.

4. — Conclusion.

Aucun des quotients étudiés n'est influencé par l'opérateur lors de l'échantillonnage foliaire du pommier selon la Méthode simplifiée utilisée dans la pratique, alors que les logarithmes décimaux des poids de leurs éléments constitutifs le sont. Cette conclusion, en apparence contradictoire, ne nous étonne pas. Il est en effet apparu, lors d'une étude antérieure (T. Trzcinski *et al.*, 1958), que le quotient (N mgr/MS mgr). 100 est beaucoup plus stable d'une feuille à l'autre que le $\log_{10}$ N et le $\log_{10}$ MS. Ceci est sans doute vrai également pour les autres quotients notés ci-dessus, bien que ce n'ait pas été prouvé.

En tout état de cause, notre expérience illustre le fait que, en improvisant sur le terrain un échantillonnage supposé au hasard selon la Méthode Simplifiée que nous avons décrite, les opérateurs courent le risque de cueillir — à leur insu — systématiquement soit de grandes feuilles, soit de petites feuilles. Leurs échantillons ainsi prélevés ne sont donc représentatifs de la population, ni du point de vue du poids sec des feuilles, ni du point de vue des éléments minéraux dont la teneur est fonction de la matière sèche tel que, par exemple, l'azote. Et l'échantillonnage Simplifié, prétendûment au hasard, est en réalité anthropomorphisé.

BIBLIOGRAPHIE

Cochran W. G. 1953. *Sampling Techniques.* John Wiley and Sons, Inc., New York.

Demortier G. et Trzcinski T. 1948. Examens des méthodes d'analyses appliquées à la recherche des besoins alimentaires des arbres fruitiers. *Centre de Recherches de la ligue Pomologique. Rapport général,* p. 111 (dactylographié).

Fisher Sir R. A. and Yates F. 1957. *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research.* Oliver and Boyd, London, 5^e éd.

Martin L. 1958. Étude de Méthodes d'échantillonnage de la Betterave sucrière au cours de 3 années successives — Prévision de la Récolte — *La Sucrerie Belge.*

Snedecor W. G. 1956. *Statistical Methods.* Iowa State College Press, Ames, Iowa, 5^e éd.

Trzcinski T. Liard O. Lenger A. 1958. Contribution à l'échantillonnage foliaire du pommier — Échantillonnage au hasard — Échantillonnage dirigé. *Bull. Inst. agron. et Stat. Rech. Gembloux.* T. XXVI, n^os 1-3 p. 243.

TABLEAU I

Quotients moyens (de deux échantillons) par arbre (A) et opérateur (Op.).

Q	Op.	A. n° 564	A. n° 607	A. n° 654	A. n° 601	A. n° 609	A. n° 566	A. n° 580	A. n° 587	
N/MS	T	1,509	1,591	1,516	1,808	1,719	1,770	1,685	1,719	1,665
	H	1,596	1,552	1,560	1,816	1,808	1,698	1,698	1,677	1,676
		1,553	1,572	1,538	1,812	1,764	1,734	1,692	1,698	1,670
P_2O_5/MS	T	0,564	0,532	0,793	0,305	0,519	0,473	0,743	0,530	0,558
	H	0,530	0,483	0,767	0,321	0,509	0,595	0,724	0,576	0,564
		0,547	0,508	0,780	0,313	0,514	0,534	0,734	0,553	0,561
K_2O/MS	T	1,736	1,388	1,694	1,161	1,586	2,094	2,284	1,839	1,723
	H	1,653	1,413	1,633	1,239	1,563	2,351	2,021	2,070	1,743
		1,694	1,400	1,664	1,200	1,575	2,223	2,152	1,955	1,733
Na_2O/MS	T	0,062	0,038	0,047	0,059	0,054	0,042	0,053	0,045	0,050
	H	0,061	0,049	0,058	0,052	0,062	0,053	0,056	0,045	0,055
		0,062	0,044	0,053	0,056	0,058	0,047	0,055	0,045	0,052
MgO/MS.	T	0,322	0,375	0,394	0,419	0,288	0,423	0,341	0,325	0,361
	H	0,340	0,376	0,374	0,428	0,311	0,338	0,369	0,299	0,355
		0,331	0,376	0,384	0,424	0,299	0,381	0,355	0,312	0,358
Fe_2O_3/MS	T	0,024	0,022	0,025	0,026	0,027	0,050	0,033	0,028	0,030
	H	0,028	0,023	0,027	0,023	0,026	0,032	0,035	0,028	0,028
		0,026	0,022	0,026	0,025	0,027	0,041	0,034	0,028	0,029

TABLEAU II

Moyennes (de deux échantillons) par arbre (A) et opérateur (Op). des logarithmes décimaux de la matière sèche et des six éléments analysés.

Log_{10}	Op.	A. n° 564	A. n° 607	A. n° 654	A. n° 601	A. n° 609	A. n° 566	A. n° 580	A. n° 587	
M.S.	T	-0,200	-0,115	-0,129	-0,181	-0,189	-0,154	-0,233	-0,169	-0,171
	H	-0,266	-0,176	-0,162	-0,170	-0,223	-0,219	-0,269	-0,237	-0,215
		-0,233	-0,146	-0,146	-0,176	-0,206	-0,186	-0,251	-0,203	-0,193
N	T	0,979	1,086	1,052	1,076	1,046	1,094	0,993	1,065	1,049
	H	0,937	1,015	1,031	1,089	1,033	1,011	0,960	0,988	1,008
		0,958	1,051	1,041	1,083	1,040	1,052	0,977	1,026	1,029
P_2O_5	T	0,552	0,610	0,770	0,304	0,525	0,521	0,638	0,556	0,559
	H	0,458	0,507	0,722	0,337	0,483	0,547	0,590	0,524	0,521
		0,505	0,558	0,746	0,321	0,504	0,534	0,614	0,540	0,540
K_2O	T	1,040	1,027	1,100	0,884	1,011	1,167	1,125	1,159	1,064
	H	0,951	0,974	1,047	0,922	0,971	1,152	1,036	1,100	1,019
		0,996	1,000	1,074	0,903	0,991	1,160	1,081	1,129	1,042
Na_2O	T	-0,409	-0,531	-0,455	-0,410	-0,460	-0,532	-0,505	-0,511	-0,477
	H	-0,479	-0,483	-0,403	-0,450	-0,432	-0,497	-0,520	-0,583	-0,481
		-0,444	-0,507	-0,429	-0,430	-0,446	-0,515	-0,512	-0,547	-0,479
MgO	T	0,308	0,457	0,467	0,441	0,270	0,471	0,294	0,340	0,381
	H	0,262	0,400	0,410	0,462	0,269	0,305	0,296	0,239	0,330
		0,285	0,428	0,439	0,452	0,270	0,388	0,295	0,290	0,356
Fe_2O_3	T	-0,816	-0,773	-0,732	-0,766	-0,751	-0,469	-0,715	-0,598	-0,702
	H	-0,819	-0,805	-0,723	-0,800	-0,800	-0,707	-0,734	-0,754	-0,768
		-0,817	-0,789	-0,728	-0,783	-0,775	-0,588	-0,724	-0,676	-0,735

TABLEAU III

Schéma des analyses de variances des tableaux IV et V

Source de variation	d. l.	S. C. Somme des carrés des écarts	C.M. Carré Moyen	Fobs.	Composante des variances estimées par C.M.
Arbre (A)	a — 1 = 7	$SC_A = \Sigma\Sigma_i(\overline{X}_{i..} - \overline{X}_{...})^2$	$CM_A = \frac{SC_A}{7}$	$\frac{CM_A}{CM_E}$	$\sigma^2_E + bc\,\sigma^2_A$
Opérateur (O)	b — 1 = 1	$SC_O = \Sigma\Sigma_j(\overline{X}_{.j.} - \overline{X}_{...})^2$	$CM_O = \frac{SC_O}{1}$	$\frac{CM_O}{CM_{AO}}$	$\sigma^2_E + c\,\sigma^2_{AO} + ac\,K^2_O$
Interaction (A x 0)	(a — 1) (b — 1) = 7	$SC_{AO} = \Sigma\Sigma\Sigma_{ij}(\overline{X}_{ij.} - \overline{X}_{...})^2 - SC_A - SC_O$	$CM_{AO} = \frac{SC_{AO}}{7}$	$\frac{CM_{AO}}{CM_E}$	$\sigma^2_E + c\,\sigma^2_{AO}$
Erreur (E)	ab (c — 1) = 16	$SC_E = \Sigma\Sigma\Sigma_{ijr}(X_{ijr} - \overline{X}_{...})^2 - SC_A - SC_O - SC_{AO}$	$CM_E = \frac{SC_E}{16}$		σ^2_E
Total	(abc — 1) = 31	$SC_T = \Sigma\Sigma\Sigma_{ijr}(X_{ijr} - \overline{X}_{...})^2$			

a = 8 = nombre d'arbres (i = 1...8)
b = 2 = nombre d'opérateurs (j = 1,2)
c = 2 = nombre d'échantillons par arbre et opérateur (r = 1,2)

TABLEAU IV

Valeurs des carrés moyens (C. M.) de l'analyse de la variance des quotients Q

Source de variation	d. l.	$\frac{N\ mgr}{MS\ mgr}\ 100$	$\frac{P_2O_5 mgr}{MS\ mgr}\ 100$	$\frac{K_2O\ mgr}{MS\ mgr}\ 100$	$\frac{Na_2O\ mgr}{MS\ mgr}\ 100$	$\frac{MgO\ mgr}{MS\ mgr}\ 100$	$\frac{Fe_2O_3\ mgr}{MS\ mgr}\ 100$
Arbres (=blocs) (A)	7	0,0429**	0,0829***	0,5090***	0,0002*	0,0069*	0,0001**
Opérateurs (O)	1	0,0010	0,0003	0,0032	0,0002	0,0004	0,00002
Interaction A x O	7	0,0036	0,0031	0,0290*	0,00004	0,0014	0,00005
Erreur résiduelle	16	0,0091	0,0034	0,0101	0,00004	0,0018	0,00003

TABLEAU V

Valeurs des carrés moyens (C.M.) de l'analyse de la variance des logarithmes décimaux de la matière sèche et des six éléments étudiés.

Source de variation	d. l.	M. S.	N	P_2O_5	K_2O	Na_2O	MgO	Fe_2O_3
Arbres (= blocs) (A)	7	0,0058**	0,0068	0,0566***	0,0284***	0,0086	0,0245***	0,0222*
Opérateurs (O)	1	0,0155**	0,0135*	0,0119	0,0161*	0,0002	0,0206	0,0341
Interaction A x O	7	0,0007	0,0012	0,0024	0,0017	0,0027	0,0038	0,0074
Erreur résiduelle	16	0,0013	0,0027	0,0048	0,0025	0,0060	0,0025	0,0050

Contribution à l'échantillonnage foliaire du pommier. Échantillonnage au hasard. Échantillonnage dirigé (*).

par T. Trzcinski et O. Liard

Comité National pour l'Étude de la Culture fruitière (I. R. S. I. A.)
(Président : Prof. A. Lecrenier)

et Anne Lenger

Bureau de Biométrie (I. R. S. I. A) (Directeur : Dr. L. Martin.)

1. — Introduction.

Le problème de l'échantillonnage des feuilles de pommier est très controversé, tant du point de vue qualitatif que quantitatif.

Qualitativement, on peut grouper les méthodes d'échantillonnage proposées dans la littérature en 3 types :

— le premier, très répandu en France, est un échantillonnage *systématique*, consistant en un prélèvement de feuilles en position phyllotaxique bien déterminée sur des supports de même nature et de même âge ;

— le deuxième, très en faveur aux États Unis, est un échantillonnage *au hasard* à partir de l'ensemble des feuilles du végétal ;

— le troisième enfin, est un compromis entre les deux types précédents : d'une part, le choix des supports est *systématique* (partie médiane des rameaux de l'année), d'autre part les feuilles sont cueillies *au hasard* sur ces supports.

2. — But du travail.

Nous limitons notre étude à l'aspect qualitatif du problème de l'échantillonnage des feuilles de pommier. Notre propos est de comparer entr'eux d'une

(*) Recherche subventionnée par l'Institut pour l'encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture (I. R. S. I. A.).

Déposé à la rédaction le 8 septembre 1958.

part et d'autre part à un échantillonnage au hasard, quelques modes de prélèvement relevant du premier type décrit ci-dessus, en tenant compte de deux buts qu'ils poursuivent :

— prélever un échantillon de feuilles représentatif de la teneur moyenne en azote du pommier ;

— prélever un échantillon des feuilles les plus sensibles aux variations de la teneur en azote suivant le type de rameaux et la position phyllotaxique des feuilles sur le rameau.

3. — Description succincte du prélèvement.

On a prélevé, en fin de végétation (20 août), 482 feuilles sur un pommier de la variété « Belle de Boskoop » haute tige sur semis, âgé de 40 ans, sur sol sablo-limoneux de la région bruxelloise (La Hulpe) :

divers supports des feuilles (1°. *rameaux de l'année*, 2°. *lambourdes*, 3°. *autres organes supports* tels que dards, brindilles, ...) ont été étiquetés au hasard dans la couronne de l'arbre ; toutes les feuilles de ces supports ont été prélevées entre 14 et 14h 30 et ensachées une à une suivant leur numéro de position phyllotaxique pour chacun des supports. Le plan de prélèvement est détaillé en annexe I (pages 263 à 265).

4. — Analyse chimique (*).

Chacune des 482 feuilles a été séchée à 105° C et pesée (poids sec des feuilles = X). On a ensuite déterminé le poids d'azote (N) par une technique de semi-micro Kjeldhal.

Les paires de valeurs (X, N) ainsi obtenues sont portées dans le graphique I. Elles sont d'autre part transcrites in extenso en annexe II (pages 266 à 277).

5. — Analyse et interprétation biométriques des résultats expérimentaux.

L'analyse biométrique porte d'une part sur les quotients

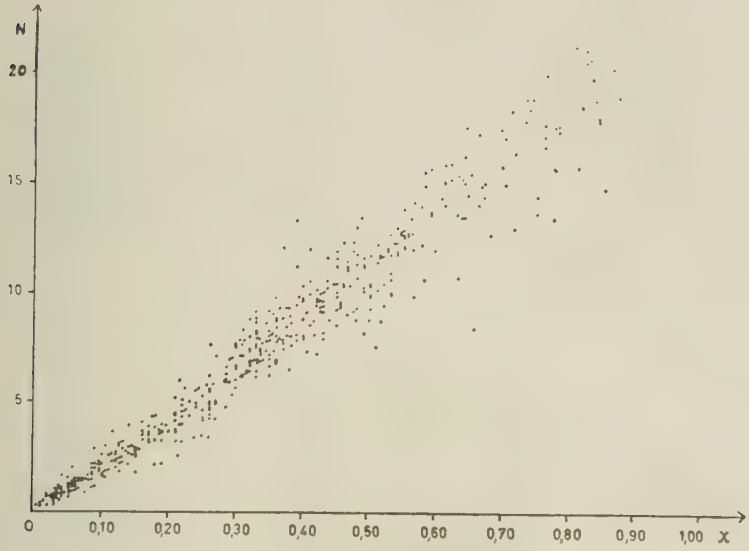
$$Q = \frac{N \text{ mg}}{X \text{ mg}} . 100$$

généralement utilisés par les expérimentateurs et d'autre part sur le poids d'azote (N mg) étudié *en fonction* du poids sec des feuilles (X g).

Échantillon de référence :

En cours d'analyse, un lot de 200 feuilles prélevées *au hasard* parmi les 482 feuilles constituant le matériel de travail, servira d'échantillon de réfé-

(*) Nous remercions vivement M. J. Vanharen, préparateur au Comité National pour l'étude de la Culture Fruitière, qui a largement contribué à l'exécution des analyses chimiques.



GRAPHIQUE I.

Représentation graphique des 482 paires de valeurs expérimentales (X = poids sec des feuilles, N = poids absolu d'azote)

rence (E) : il répond au deuxième type d'échantillonnage (en faveur aux États Unis) mentionné dans l'introduction. Vu son caractère d'échantillon au hasard, il est considéré comme représentatif de la population des feuilles du pommier.

51. ANALYSE DES QUOTIENTS (Q)

51.1 *Étude de la répartition des quotients observés sur 482 feuilles du pommier échantillonné.*

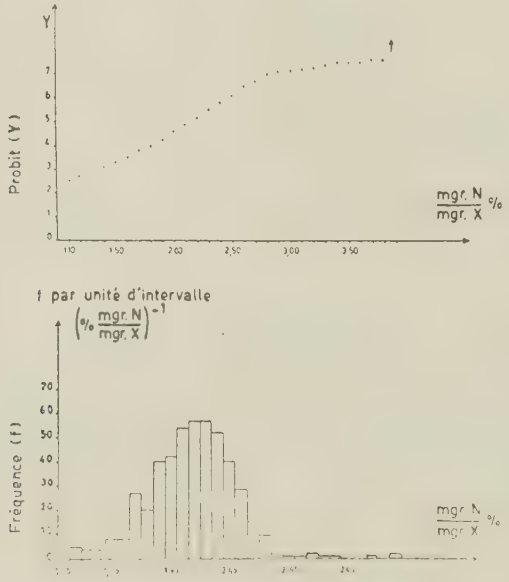
L'histogramme de répartition des quotients présenté dans le graphique II, rappelle par son allure la courbe normale de Gauss. Pour s'assurer de ce caractère de normalité, nous calculons le coefficient d'asymétrie g_1 (moment du 3e ordre) et le coefficient d'aplatissement ou de kurtose g_2 (moment du 4e ordre) que nous testons par le test « t » (STUDENT, 1908) (*) :

(*) On teste les hypothèses statistiques nulles H_o en vertu desquelles, dans ce cas particulier, $g_1 = 0$ et $g_2 = 0$ aux seuils de signification 5 %, 1 %, 1 ‰ (souvent notés : 0,05, 0,01 et 0,001). La signification à ces seuils est repectivement notée d'un, deux et trois astériques ; elle implique le rejet de l'hypothèse statistique nulle H_o avec un risque respectivement de 5 %, 1 % et 1 ‰ de chances de se tromper en rejetant à tort l'hypothèse H_o quand elle est vraie.

$g_1 = 0.0032$ s_{g_1} (écart-étalon) $= 0.1114$ $t = \frac{g_1}{s_{g_1}} = 0.03$

$g_2 = 2.2137$ $s_{g_2} = 0.2220$ $t = \frac{g_2}{s_{g_2}} = 9.97^{xxx}$

La valeur observée du coefficient d'asymétrie n'est pas significativement différente de zéro et de ce fait, la répartition des quotients peut être considérée comme étant symétrique autour de la moyenne $\bar{Q} = 2{,}14$ avec un écart-étalon $s = 0{,}3740$.



GRAPHIQUE II.
Histogramme de répartition des quotients et diagramme « probit-quotient ».

Par ailleurs, la valeur observée du coefficient d'aplatissement est significativement différente de zéro (au seuil 1 ‰) par excès : la courbe observée est leptocurtique, c'est-à-dire plus pointue que la courbe normale de mêmes moyenne et écart-étalon.

La répartition des quotients étant ainsi caractérisée, nous donnons également dans le graphique II le diagramme « probit-quotient » qui est une représentation rectifiée de l'histogramme : aux fréquences cumulées en % du nombre total d'observations exprimées en probits (D. FINNEY, 1947), on peut ajuster à main levée une droite satisfaisante dans l'ensemble ; seuls les derniers points expérimentaux s'en écartent, mais il est à noter qu'ils représentent une portion infime de l'échantillon (7/482).

51.2 *Comparaison de quelques types d'échantillonnage sur la base des quotients*

A partir de la répartition des quotients, on calcule les moyennes ($\bar{Q}$), variances (s^2), écarts-étalons des quotients (s) et des quotients moyens ($s_{\bar{Q}}$) ainsi que les coefficients de variation (CV %) par numéro de position phyllotaxique des feuilles et par type de supports, dans tous les cas où le nombre des feuilles de chaque groupe est égal ou supérieur à 7 : ces valeurs sont données dans le tableau I.

TABLEAU I (1)

	n	$\bar{Q}$	s^2	s	$s_{\bar{Q}}$	CV %
I. 1. *Rameaux de l'année.*						
1e feuille	13	1.984	0.4012	0.6334	0.1758	31.9
2e »	15	2.026	0.1106	0.3326	0.0860	16.4
3e »	15	1.977	0.1287	0.3587	0.0927	18.1
4e »	15	2.267	0.0559	0.2364	0.0608	10.4
5e »	15	2.159	0.0999	0.3161	0.0819	14.6
6e »	15	2.294	0.0617	0.2484	0.0640	10.8
7e »	15	2.280	0.0725	0.2693	0.0693	11.8
8e »	15	2.249	0.0195	0.1396	0.0361	6.2
9e »	14	2.147	0.1163	0.3260	0.0911	15.9
10e »	14	2.279	0.0483	0.2198	0.0583	9.6
11e »	14	2.240	0.0927	0.3045	0.0812	13.6
12e »	13	2.268	0.0536	0.2315	0.0640	10.2
13e »	10	2.293	0.0657	0.2563	0.0812	11.2
14e »	10	2.293	0.1205	0.3471	0.1095	15.1
15e »	8	2.434	0.0622	0.2494	0.0883	10.2
16e »	8	2.339	0.2002	0.4474	0.1581	19.1
I. 2. *Lambourdes.*						
1e feuille	19	2.047	0.1748	0.4181	0.0959	20.4
2e »	20	2.043	0.2867	0.5354	0.1196	26.2
3e »	19	1.971	0.0580	0.2408	0.0548	12.2
4e »	17	2.040	0.1210	0.3478	0.0843	17.0
5e »	18	2.146	0.0504	0.2324	0.0548	10.8
6e »	14	2.275	0.0868	0.2946	0.0787	12.9
7e »	7	2.246	0.1706	0.4130	0.1562	18.4
I. 3. *Autres organes supports.*						
1e feuille	10	1.922	0.5691	0.7544	0.2385	39.3
2e »	10	1.878	0.2802	0.5293	0.1673	29.3
3e »	9	1.905	0.0179	0.1338	0.0447	7.0
4e »	10	2.081	0.2604	0.5103	0.1612	24.5
5e »	9	2.092	0.0648	0.2546	0.0849	12.2
6e »	9	2.131	0.0584	0.2417	0.0806	11.3
7e »	9	2.098	0.0475	0.2179	0.0728	10.4
8e »	8	2.042	0.0249	0.1578	0.0557	7.7
9e »	7	2.053	0.0655	0.2559	0.0970	12.5
10e »	7	1.876	0.1475	0.3841	0.1453	20.5

(1) Dans les tableaux I et suivants, la notation utilisée pour séparer la partie décimale de la partie entière est le point au lieu de la virgule.

Le test F d'égalité des quotients moyens $\bar{Q}$ (G. Snedecor, 1956) et le test χ^2 d'homogénéité des variances s^2 (M. Bartlett, 1937) conduisent aux conclusions suivantes :

Rameaux de l'année.

Les quotients moyens des *trois premières feuilles qui* ne diffèrent pas les uns des autres, sont significativement différents des quotients moyens des feuilles suivantes.

Seule, la variance de *la première feuille* est significativement différente des variances des feuilles suivantes.

Lambourdes.

Seul, le quotient moyen de la *troisième feuille* est significativement différent des quotients moyens des autres feuilles.

Les variances des *deux premières feuilles* sont significativement différentes des variances des feuilles suivantes.

Autres organes supports.

Les quotients moyens des diverses feuilles ne sont pas significativement différents les uns des autres.

Les variances des *quatre premières feuilles* sont significativement différentes des variances des feuilles suivantes.

Nous proposons, sur la base de cette observation, de grouper par type de rameaux les trois premières feuilles (*classe I*) d'une part, les feuilles suivantes (*classe II*) d'autre part. Les quotients moyens ($\bar{Q}$), variances (s^2), écarts-étalons des quotients (s) et des quotients moyens ($s_{\bar{Q}}$) ainsi que les coefficients de variation (CV%) par classe et type de rameaux ainsi que pour l'échantillon au hasard de 200 feuilles (Échantillon de référence = E) sont donnés dans le tableau II.

Nous introduisons de plus, pour les *rameaux de l'année* exclusivement, un troisième groupe (classe III) constitué des feuilles médianes allant du numéro d'ordre phyllotaxique [(n'/2)-2] au numero [(n'/2) + 2] où n' = nombre total des feuilles du rameau.

Le test F d'égalité des quotients moyens $\bar{Q}$ utilisé dans le cas d'homogénéité des variances ou le test de Sukathme (R. A. Fisher - F. Yates, 1957) utilisé dans le cas inverse, ainsi que les tests F et χ^2 d'homogénéité des variances (test F pour la comparaison de deux variances, test χ^2 pour la comparaison de trois variances et plus) permettent de conclure ce qui suit à partir des valeurs du tableau II :

TABLEAU II.

	n	$\bar{Q}$	s^2	s	$s_{\bar{Q}}$	CV %
Échantillon au hasard (E)	200	2.133	0.1023	0.3198	0.0226	15.00
Rameaux de l'année						
I. 3 premières feuilles	43	*1.996*	*0.1949*	0.4415	0·0673	2.21
II. A partir de la 4e fe.	200	2.265	*0.0918*	0.3030	0.0214	1.34
III. Feuilles médianes	71	2.282	*0.0648*	0.2545	0.0302	1.12
Lambourdes						
I. 3 premières feuilles	58	*2.021*	*0.1703*	0.4127	0.0542	20.4
II. A partir de la 4e fe.	62	*2.180*	*0.1047*	0.3236	0.0411	14.8
Autres organes supports.						
I. 3 premières feuilles	29	1.901	0.2785	0.5277	0.0980	27.8
II. A partir de la 4e fe.	89	2.040	0.0985	0.3138	0.0333	15.4

N. B. : dans ce tableau, les valeurs en italique des quotients moyens $\bar{Q}$ et des variances s^2 ne sont pas significativement différentes (seuil 5 %) respectivement du quotient moyen et de la variance de l'échantillon au hasard considéré comme échantillon de référence.

a) **Comparaison, par type de rameaux, des classes I et II (voire III).**

Rameaux de l'année.

Les quotients moyens $\bar{Q}$ des classes I et II sont significativement différents l'un de l'autre (seuil 1 %)

$$\bar{Q}_I \neq \bar{Q}_{II}$$

Les variances des classes I et II sont significativement différentes l'une de l'autre (seuil 1 %)

$$s_I^2 \neq s_{II}^2$$

Les quotients moyens $\bar{Q}$ des classes II et III ne sont pas significativement différents l'un de l'autre

$$\bar{Q}_{II} = \bar{Q}_{III}$$

Les variances des classes II et III ne sont pas significativement différentes l'une de l'autre

$$s_{II}^2 = s_{III}^2$$

Lambourdes.

Les quotients moyens $\bar{Q}$ des classes I et II sont significativement différents l'un de l'autre (seuil 5 %)

$$\bar{Q}_I \neq \bar{Q}_{II}$$

Les variances des classes I et II ne sont pas significativement différentes l'une de l'autre

$$s_I^2 = s_{II}^2$$

Autres organes supports.

Les quotients moyens $\bar{Q}$ des classes I et II ne sont pas significativement différents l'un de l'autre.

$$\bar{Q}_I = \bar{Q}_{II}$$

Les variances des classes I et II sont significativement différentes l'une de l'autre (seuil 1 ‰)

$$s_I^2 \neq s_{II}^2$$

b) **Comparaison, par classe, des types de rameaux.**

Classe I (3 premières feuilles)

Les quotients moyens $\bar{Q}$ par type de rameaux ne sont pas significativement différents les uns des autres

$$\bar{Q}_R = \bar{Q}_L = \bar{Q}_O$$

Les variances par type de rameaux ne sont pas significativement différentes les unes des autres

$$s_R^2 = s_L^2 = s_O^2$$

Classe II (A partir de la 4e feuille)

Les quotients moyens $\bar{Q}$ des rameaux de l'année et des lambourdes sont significativement différents de celui des autres organes supports

$$(\bar{Q}_R = \bar{Q}_L) \neq \bar{Q}_O$$

Les variances par type de rameaux ne sont pas significativement différentes les unes des autres

$$s_R^2 = s_L^2 = s_O^2$$

c) **Comparaison globale des classes et types de rameaux.**

Les quotients moyens $\bar{Q}$ des classes I des rameaux de l'année et lambourdes ainsi que des classes I et II des autres organes supports ne diffèrent pas significativement les uns des autres ; de même, les quotients moyens $\bar{Q}$ des classes II et III des rameaux de l'année ainsi que de la classe II des lambourdes ne sont pas différents les uns des autres ; mais ces deux groupes de valeurs diffèrent significativement l'un de l'autre

$$(\bar{Q}_{R_I} = \bar{Q}_{L_I} = \bar{Q}_{O_I} = \bar{Q}_{O_{II}}) \neq (\bar{Q}_{R_{II}} = \bar{Q}_{R_{III}} = \bar{Q}_{L_{II}})$$

Les variances de la classe I des rameaux de l'année, lambourdes et autres organes supports ne sont pas significativement différentes les unes des autres ; de même, les variances des classes II et III des rameaux de l'année ainsi que de la classe II des lambourdes et autres organes supports ne diffèrent pas les unes des autres ; mais ces deux groupes de valeurs sont significativement distincts l'un de l'autre

$$(s^2_{R_I} = s^2_{L_I} = s^2_{O_I}) \neq (s^2_{R_{II}} = s^2_{R_{III}} = s^2_{L_{II}} = s^2_{O_{II}})$$

d) **Comparaison des classes I et II (voire III) par type de rameaux avec l'échantillon au hasard (E).**

Seuls, les quotients moyens $\bar{Q}$ de la classe I des rameaux de l'année et des classes I et II des lambourdes ne sont pas significativement différents du quotient moyen de l'échantillon au hasard.

Aucune des variances par classe et type de rameaux, à l'exception de celle correspondant à la classe I des « autres organes supports », ne diffère significativement de la variance de l'échantillon au hasard.

51.3 *Conclusions.*

Le choix du type d'échantillon à prélever en vue de la détermination du poids d'azote des feuilles de pommier en pourcents de leur poids sec (Q), est fonction de l'objectif visé par l'expérimentateur :

1) si ce dernier désire prélever un échantillon de feuilles représentatif du quotient moyen $\bar{Q}$ du pommier sans se préoccuper de sa sensibilité, il peut cueillir soit les trois premières feuilles (classe I) des rameaux de l'année ou des lambourdes, soit les quatrièmes feuilles et suivantes (classe II) des lambourdes.

2) s'il veut obtenir un échantillon des feuilles les plus sensibles aux variations de la teneur en azote sur la base du quotient Q (échantillon dont la variance de Q est la plus petite possible) sans prendre en considération le caractère représentatif de l'échantillon, il peut recourir indifféremment à l'un ou l'autre des modes de prélèvement que nous avons envisagés — à l'exception des trois premières feuilles (classe I) des « autres organes supports » — et de préférence choisir la classe II des rameaux de l'année, des lambourdes et des autres organes supports ou la classe III des rameaux de l'année.

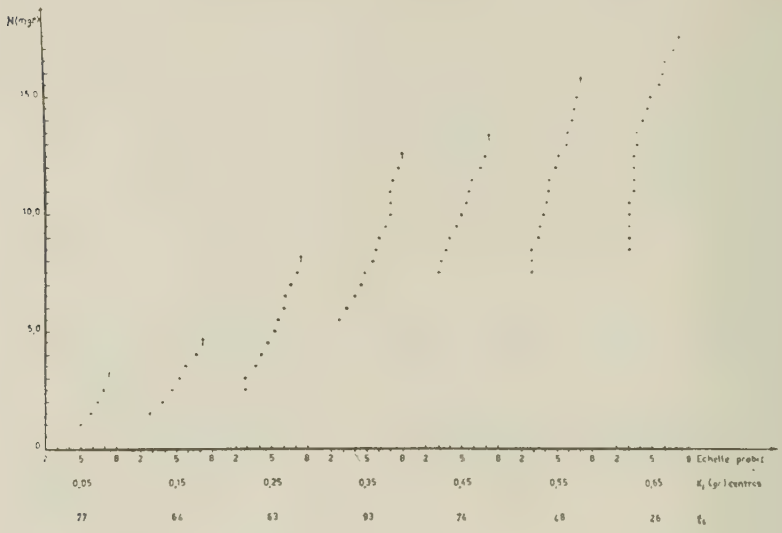
3) enfin, son choix se limite aux quatrièmes feuilles et suivantes des lambourdes s'il veut que son échantillon soit *à la fois* représentatif du quotient $\bar{Q}$ du pommier et de faible variance.

52. — Analyse des poids absolus d'azote (N mg) en fonction du poids sec des feuilles (X g).

Considérant les poids secs des feuilles (X g) comme des valeurs fixées, nous recherchons la relation du poids d'azote (N mg) en fonction de X. Comme l'ajustement d'une droite de régression au nuage de points expérimentaux du graphique I semble à priori justifié, nous proposons en première approximation une relation linéaire. Parmi les hypothèses sur lesquelles repose l'ajustement d'une telle droite (méthode des moindres carrés), celle d'homoscédasticité (égalité des variances de N par intervalle de classe de X) peut être contrôlée rapidement grâce à la transformation Probit définie antérieurement : nous la réalisons suivant la méthode préconisée par L. Martin (1957), dans le graphique III où la répartition des poids d'azote exprimée en probits est représentée pour les intervalles de classe de X comportant un nombre suffisant de valeurs expérimentales. Nous constatons que :

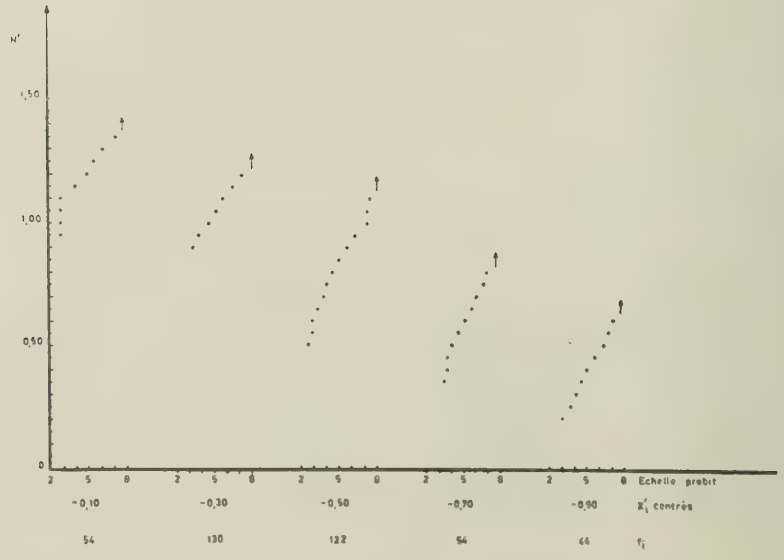
1° les points graphiques par intervalle de classe de X ne sont pas situés en lignes droites ce qui implique une répartition non gaussienne des poids d'azote.

2° Les alignements successifs de points forment avec l'abcisse un angle de plus en plus grand, témoin de l'inégalité des variances de N par intervalle de classe de X.



GRAPHIQUE III.

Diagramme « probit-poids absolu d'azote » par intervalle de classe du poids sec des feuilles.



GRAPHIQUE IV.

Diagramme « probit-$\log_{10}$ du poids absolu d'azote » par intervalle de classe du $\log_{10}$ du poids sec des feuilles.

Dès lors, l'hypothèse d'homoscédasticité n'est pas respectée.

Dans ces conditions, nous transformons les valeurs de X et de N en logarithmes décimaux ($\log_{10}X = X'$, $\log_{10}N = N'$) et nous sommes en mesure de vérifier l'hypothèse d'homoscédasticité (cfr. graphique IV) : cette fois, les points expérimentaux par intervalle de classe de X sont situés en lignes droites et parallèles.

52.1 *Ajustement d'une droite de régression aux* 200 *paires de valeurs logarithmiques* (*X'*, *N'*) *de l'échantillon de référence* (*E*).

Le graphique V présente la droite de régression ajustée aux 200 paires de valeurs logarithmiques (X', N') de l'échantillon au hasard (de référence), d'équation.

$$N' = N_o + bX' = 1.35 + 1.04\ X' \tag{1}$$

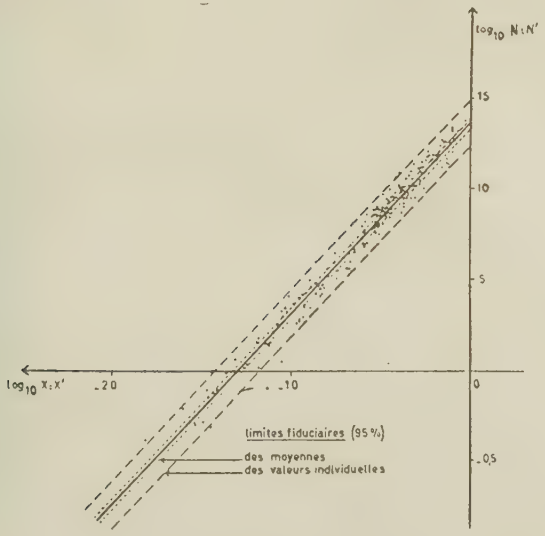
Soit,

$$\log_{10}N = 1.35 + \log_{10}X^{1.04} \tag{2}$$

d'où,

$$\log_{10}\frac{N}{X^{1.04}} = 1.35 \tag{3}$$

$$\frac{N}{X^{1.04}} = 22.41 \tag{4}$$



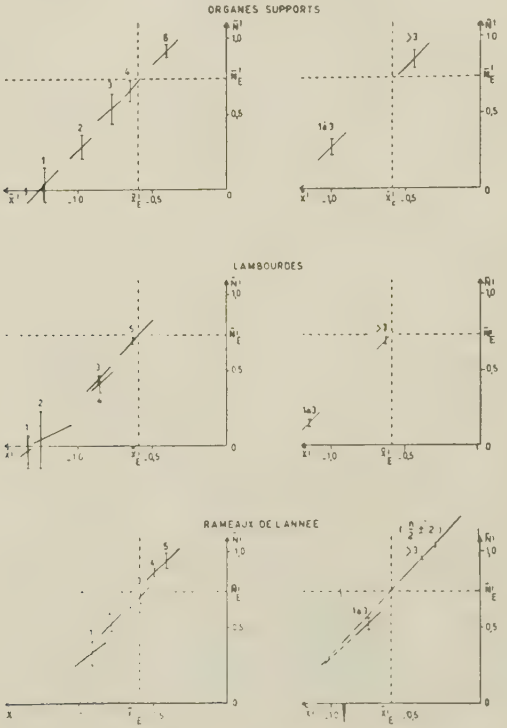
GRAPHIQUE V.

Droite de régression ajustée aux 200 paires de valeurs logarithmiques (X', N') de l'échantillon au hasard (de référence) ; limites fiduciaires 95 % de la droite d'une part, des valeurs individuelles d'autre part.

A l'équation (4) correspond une courbe logarithmique en coordonnées X, N : la courbure est significative car la valeur 1.04 du coefficient b est significativement différente de 1.00 (au seuil de signification 5 %, les limites fiduciaires de b valent 1.019 et 1.066).

52.2. *Comparaison de quelques types d'échantillonnage sur la base de la relation* $N' = N'_o + bX'$

De même que nous avons étudié l'évolution des quotients Q par type de rameaux et position phyllotaxique des feuilles sur ces rameaux, nous calculons les droites de régression ajustées aux paires de valeurs logarithmiques (X', N') des 1^e, 2^e, 3^e, 4^e et 5^e feuilles, ainsi que des classes I, II, voire III par type de rameaux. Nous les comparons entr'elles, ainsi qu'à la droite de régression de l'échantillon de référence (E). Les valeurs des paramètres de ces droites, leurs écarts-étalons et leurs limites fiduciaires (seuil 5 %) figurent dans les tableaux III-I, III-2 et III-3.

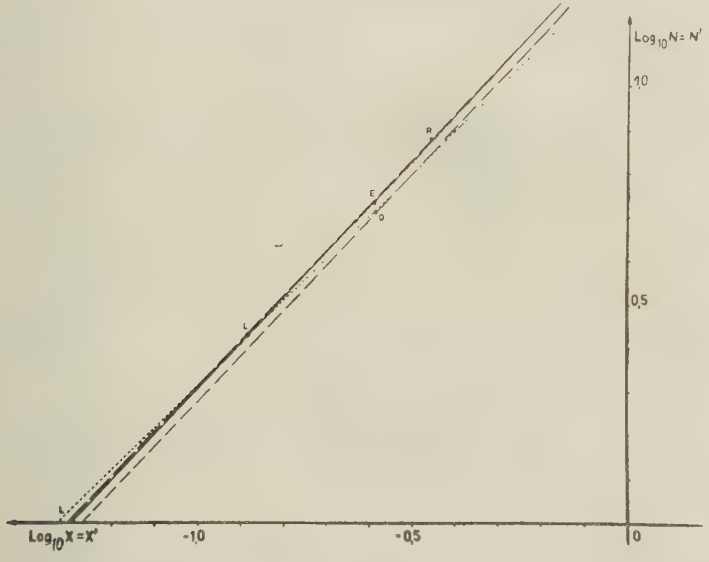


GRAPHIQUE VI.

Centres de gravité ($\bar{X}'$, $\bar{N}'$) des feuilles par ordre phyllotaxique, classe et type de rameaux et leurs limites fiduciaires 95 % ; pente des droites de régression correspondantes.

Nous résumons graphiquement ces résultats :

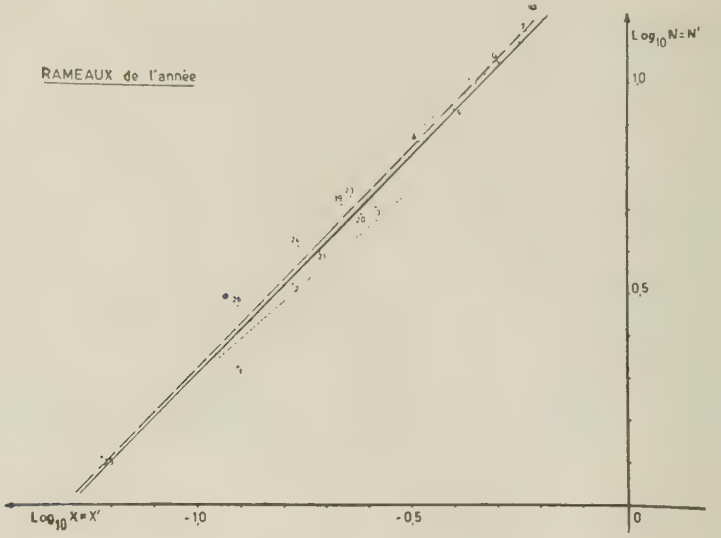
1°. le graphique VI montre la situation relative des paires de moyennes $\bar{X}'$, $\bar{N}'$ ($X' = \log_{10}$ du poids sec des feuilles, $N' = \log_{10}$ du poids absolu d'azote) des feuilles par ordre phyllotaxique, classe et type de rameaux, ainsi que leurs limites fiduciaires et la pente des droites de régression correspondantes. On peut voir que les valeurs logarithmiques moyennes des poids secs des feuilles et des poids d'azote, centres de gravité des droites de régression, augmentent significativement d'une feuille à l'autre dans l'ordre croissant de leur position phyllotaxique (feuilles n° 1 à 5). Ces mêmes valeurs par classe sont significativement différentes les uns des autres pour chaque type de rameau (classe I et II). Elles diffèrent également d'un type de rameaux à l'autre et par rapport à l'échantillon de référence ; le classement suivant peut être établi par ordre croissant (cfr. graphique VII) : lambourdes, autres organes de supports, échantillon de référence, rameaux de l'année.



GRAPHIQUE VII

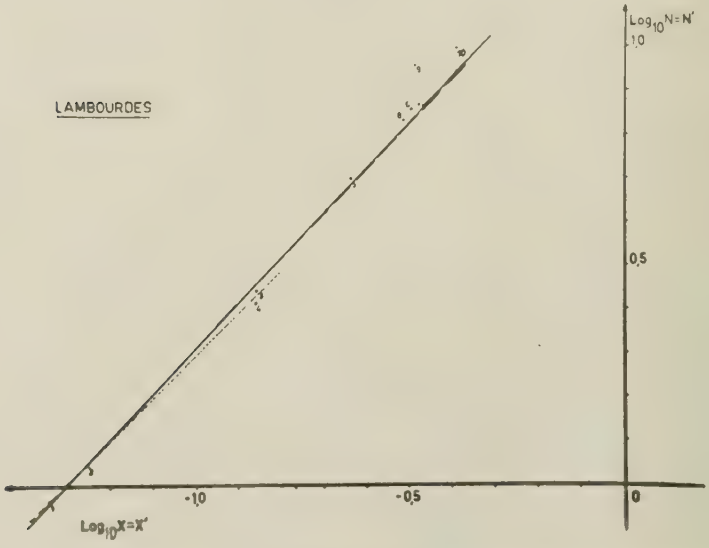
Droites de regression ajustées aux valeurs expérimentales en coordonnées logarithmiques par type de rameaux (R = rameaux de l'année, L = lambourdes, O = autres organes supports) et pour l'échantillon au hasard (E). Centres de gravité (X', N') de ces droites.

2°. les graphiques VIIIa, VIIIb et VIIIc présentent les paires de moyennes ($\bar{X}', \bar{N}'$) des feuilles par ordre phyllotaxique ainsi que les droites de régression des classes I (ligne pointillée) et II (ligne en tirets) et de l'échantillon de référence (ligne en trait plein). On observe que les points expérimentaux



GRAPHIQUE VIII a

Rameaux de l'année : Paires de moyennes ($\bar{X}'$, $\bar{N}'$) des feuilles par ordre phyllotaxique et droites de regression des classes I (ligne pointillée), II (ligne en tirets) et de l'échantillon de référence (ligne en trait plein).

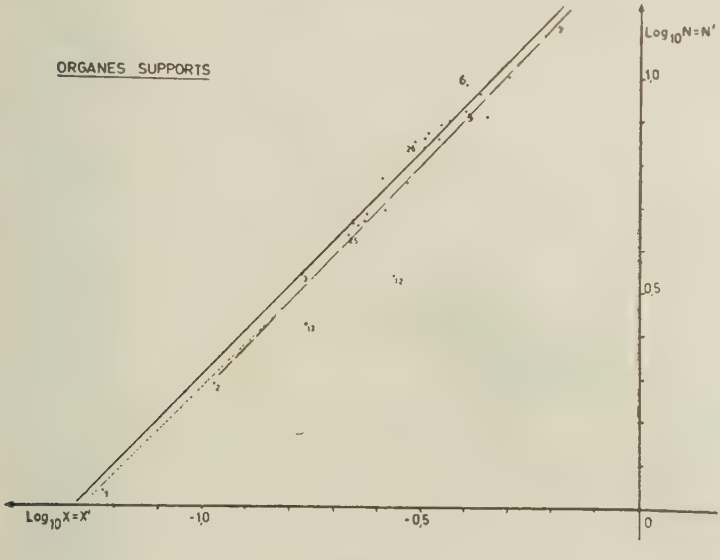


GRAPHIQUE VIII b

Lambourdes : Paires de moyennes ($\bar{X}'$, $\bar{N}'$) des feuilles par ordre phyllotaxique et droites de régression des classes I (ligne pointillée), II (ligne en tirets) et de l'échantillon de référence (ligne en trait plein).

moyens se déplacent vers le haut à cette exception près que, dans le cas des rameaux de l'année et des « autres organes supports », ils se stabilisent puis diminuent pour des numéros d'ordre phyllotaxique élevés.

Notons encore que les pentes des droites par type de rameaux ne sont significativement différentes d'une classe à l'autre (I et II) que dans le cas des rameaux de l'année. Et seules, les pentes de la classe I des rameaux de l'année et des lambourdes diffèrent de la pente calculée pour l'échantillon de référence.



GRAPHIQUE VIII c

Organes supports autres que les rameaux de l'année et les lambourdes : Paires de moyennes ($\bar{X}'$, $\bar{N}'$) des feuilles par ordre phyllotaxique et droites de regression des classes I (ligne pointillée), II (ligne en tirets) et de l'échantillon de référence (ligne en trait plein).

52.3 *Conclusions.*

Ayant observé que les centres de gravité des droites ajustées par classe (I, II, voire III) et type de rameaux sont significativement différents de celui de l'échantillon de référence, on en déduit qu'aucun des divers modes de prélèvement envisagés ne donne un échantillon de feuilles représentatif de la teneur moyenne en azote du pommier.

D'autre part, l'examen des écarts-étalons des paramètres des droites de régression par classe et type de rameaux indique que le prélèvement des 4e feuilles et suivantes (classe II) des rameaux de l'année donne l'échantillon des feuilles significativement les plus sensibles aux variations de la teneur en azote. Ce mode de prélèvement n'est cependant pas meilleur que l'échantillonnage au hasard.

TABLEAU III-I

Valeurs des paramètres des droites de régression ajustées aux paires de valeurs logarithmiques (X', N') des 1e, 2e, 3e, 4e et 5e feuilles, ainsi que des classes I, II, III des rameaux de l'année. Ecarts-étalons et limites fiduciaires (95 %) de ces paramètres.

RAMEAUX DE L'ANNÉE	n	$\bar{X}' = \frac{\Sigma \log_{10} X}{n}$	$\bar{N}' = \frac{\Sigma \log_{10} N}{n}$		$s_{\bar{N}'}$	$\hat{N}' = N' + bX'$					$N_0 = \frac{N}{X^b}$	
						$N'_0 = N' - b\bar{X}'$	$s_{N'_o}$	b	s_b			
1e feuille	13	— 0.90787	0.32693	0.40978 0.24408	0.03764	0.99113	1.20744 0.77482	0.09828	0.73160	0.90172 0.56148	0.07729	9.80	16.12 5.95
2e feuille	15	— 0.78044	0.52039	0.56197 0.47881	0.01925	1.35239	1.46570 1.23908	0.05246	1.06607	1.20116 0.93098	0.06254	22.51	29.22 17.34
3e feuille	15	— 0.58378	0.70440	0.75309 0.65571	0.02254	1.36259	1.52431 1.20087	0.07487	1.12746	1.39163 0.86329	0.12230	23.04	33.44 15.88
4e feuille	15	— 0.48764	0.86280	0.88950 0.83610	0.01236	1.35304	1.40937 1.29671	0.02608	1.00533	1.10707 0.90359	0.04710	22.54	25.67 19.80
5e feuille	15	— 0.40437	0.93985	0.99195 0.88775	0.02412	1.29648	1.42411 1.16885	0.05909	0.88195	1.17009 0.59381	0.13340	19.79	26.55 14.75
3 premières feuilles (I)	43	— 0.75036	0.52609	0.56390 0.48828	0.01871	1.20992	1.28752 1.11832	0.04186	0.90201	1.00286 0.80116	0.04990	15.96	19.39 13.13
A partir de la 4e feuille (II)	200	— 0.39247	0.95956	0.96811 0.95101	0.00436	1.36944	1.38508 1.35380	0.00798	1.04435	1.07769 1.01101	0.01701	23.41	24.27 22.58
Feuilles médianes du n° [n'/2 — 2] au n° (n'/2 + 2) (III)	71	— 0.31924	1.03925	1.02566 1.05284	0.00679	1.37369	1.35835 1.38903	0.00767	1.04761	1.11824 0.97698	0.03532	23.64	24.49 22.82
Échantillon au hasard (E)	200	— 0.58820	0.73709	0.74622 0.72796	0.00466	1.35040	1.36685 1.33395	0.00839	1.04269	1.06596 1.01942	0.01187	22.41	23.27 21.57

TABLEAU III-2

Valeurs des paramètres des droites de régression ajustées aux paires de valeurs logarithmiques (X', N') des 1e, 2e, 3e, 4e et 5e feuilles, ainsi que des classes I et II des lambourdes. Ecarts-étalons et limites fiduciaires (95 %) de ces paramètres.

LAMBOURDES	n	$\overline{X}' = \frac{\Sigma \log_{10} X}{n}$	$\overline{N}' = \frac{\Sigma \log_{10} N}{n}$	$s_{\overline{N}'}$	$\hat{N}' = N'_o + bX'$					$N_0 = \frac{N}{\overline{X}^b}$	
					$N'_o = N' - b\overline{X}'$	$s_{N'_o}$	b	s_b			
1e feuille	19	— 1,34030	-0.03849	+0.07009 -0.14707	0.84788	1.37504 0.32072	0.24984	0.66132	1.04621 0.27643	0.18241	7.05	23.72 2.09
2e feuille	20	— 1.25683	0.04097	0.23584 -0.15390	0.09275	0.61048	1.18113 0.03983	0.27161	0.45313	0.87991 0.02635	0.20313	4.08	15.18 1.10
3e feuille	19	— 0.85764	0.43856	0.46901 0.40811	0.01443	1.34340	1.43700 1.24980	0.04436	1.05503	1.15823 0.95183	0.04891	2.205	27.35 17.77
4e feuille	17	— 0.85610	0.41288	0.47240 0.35336	0.02793	1.12535	1.32462 0.92608	0.09351	0.83223	1.05437 0.61009	0.10424	13.35	21.12 8.43
5e feuille	18	— 0.63318	0.69601	0.71954 0.67248	0.01110	1.36291	1.46817 1.25765	0.04965	1.05326	1.21531 0.89121	0.07644	23.06	29.39 18.10
3 premières feuilles (I)	58	— 1.15341	0.14518	0.16868 0.12168	0.01175	1.27183	1.34161 1.20205	0.03489	0.97680	1.03378 0.91982	0.02849	18.70	21.96 15.92
A partir de la 4e feuille (II)	62	— 0.63012	0.69414	0.71644 0.67184	0.01115	1.34534	1.40814 1.28254	0.03140	1.03346	1.12664 0.94028	0.04659	22.15	25.59 19.17
Echantillon au hasard (E)	200	— 0.58820	0.73709	0.74622 0.72796	0.00466	1.35040	1.36685 1.33395	0.00839	1.01269	1.06596 1.01942	0.01187	22.11	23.27 21.57

TABLEAU III-3

Valeurs des paramètres des droites de régression ajustées aux paires de valeurs logarithmiques (X', N') des 1e, 2e, 3e, 4e et 5e feuilles, ainsi que des classes I et II des organes supports autres que lambourdes et rameaux de l'année. Ecarts-étalons et limites fiduciaires (95 %) de ces paramètres.

AUTRES ORGANES SUPPORTS	n	$\overline{X}' = \frac{\Sigma \log_{10} X}{n}$	$\overline{N}' = \frac{\Sigma \log_{10} N}{n}$	$s_{\overline{N}'}$	$\hat{N}' = N'_o + bX'$					$N_0 = \frac{N}{X^b}$	
					$N'_o = N' - b\overline{X}'$		$s_{\overline{N}'_o}$	b	s_b		
1e feuille	10	— 1.22930	0.03644	0.15206 −0.07918	0.05014	1.33057	1.80600 0.85514	0.20616	1.05274	1.42788 0.67760	0.16268	21.41	63.97 7.16
2e feuille	10	— 0.97405	0.28682	0.36850 0.43987	0.03542	1.25936	1.52464 0.99408	0.11504	0.99845	1.25755 0.73935	0.11237	18.17	33.47 9.86
3e feuille	9	— 0.77486	0.53998	0.64009 0.43987	0.04234	1.19450	1.53863 0.85037	0.14551	0.84470	1.26960 0.41980	0.17966	15.65	34.56 7.09
4e feuille	10	— 0.64729	0.65832	0.63225 0.58439	0.03206	1.39514	1.53147 1.25881	0.05912	1.13831	1.31523 0.96139	0.07672	24.84	34.00 18.15
5e feuille	9	— 0.39819	0.91970	0.96288 0.87652	0.01826	1.31432	1.45589 1.17275	0.05986	0.99104	1.32964 0.65244	0.14317	20.62	28.57 14.89
3 premières feuilles (I)	29	— 1.00025	0.27905	0.32793 0.23017	0.02382	1.29950	1.44979 1.14921	0.07324	1.02019	1.16227 0.87811	0.06924	19.93	28.17 14.10
A partir de la 4e feuille (II)	89	— 0.44724	0.85832	0.91893 0.79771	0.03052	1.33575	1.45892 1.21258	0.06202	1.06750	1.30723 0.82777	0.12071	21.66	28.77 16.31
Echantillon au hasard (E)	200	— 0.58820	0.73709	0.74622 0.72796	0.00466	1.35040	1.36685 1.33395	0.00839	1.04269	1.06596 1.01942	0.01187	22.41	23.27 21.57

6. — Conclusion générale.

Le tableau IV résume les résultats des analyses biométriques tant en ce qui concerne les quotients que la relation linéaire $N' = N'_o + bX'$: nous encadrons, dans ce tableau, les valeurs de

$\bar{Q}$ et s^2_Q, $\bar{N}'$ et $s^2_{N'}$, N'_o et $s^2_{N'_o}$, b et s^2_b (par classe et type de rameaux) qui ne sont pas significativement différentes des valeurs correspondantes de l'échantillon au hasard (de référence).

En vertu de ce tableau et des conclusions des paragraphes 51.3 et 52.3 (et plus particulièrement des dernières qui restreignent les premières), il semble se dégager de cette étude que l'échantillonnage au hasard est en définitive meilleur que tout autre mode de prélèvement lorsque l'on désire obtenir un lot de feuilles qui soit à *tous les égards* sensible et représentatif de la population.

Notons cependant que l'aspect du problème développé dans la seconde partie de ce travail (§ 52 : analyse des poids absolus d'azote *en fonction* du poids sec des feuilles) n'a pas un intérêt immédiat *dans la pratique*, mais la méthode d'analyse utilisée à l'avantage sur celle des quotients de mettre en évidence certaines différences fondamentales de la teneur en azote des feuilles en fonction de leur poids sec, selon leur position phyllotaxique et le type de rameaux auquel elles appartiennent. Une telle méthode sera peut-être utile lors d'études relatives à la physiologie de l'arbre. Par contre, étant donné que — dans la pratique — on a l'habitude d'exprimer la teneur en azote des feuilles en pourcents de leur poids sec (Q), les conclusions présentées au § 51.3 sont susceptibles d'orienter l'expérimentateur dans son choix d'un mode de prélèvement compte tenu du but qu'il poursuit.

Tableau IV

Tableau récapitulatif des résultats des analyses biométriques se rapportant aux quotients d'une part et à la relation linéraire $N' + N_o' = bX'$ d'autre part. Les valeurs encadrées sont signif cativement différentes (seuil 5%) des valeurs correspondantes de l'échantillon au hasard (E) de référence.

		Recherche d'un échantillon de feuilles représentatif de la teneur moyenne en azote du pommier					Recherche d'un échantillon des feuilles les plus sensibles aux variations de la teneur en azote du pommier			
		Analyse des quotients $Q = (Nmg/Xmg)$ %	Analyse de $\log_{10}$ N en fonction de $\log_{10}$ X $N' = N_o' + bX'$				Analyse des quotients $Q = (Nmg/Xmg)$ %	Analyse de $\log_{10}$ N en fonction de $\log_{10}$ X $N' = N_o' + bX'$		
	n	$\bar{Q}$	$\bar{X}'$	$\bar{N}'$	N_o'	b	s_Q^2	$s_{\bar{N}'}^2$	$s_{N_o'}^2$	s_b
Echantillon au hasard (E)	200	2.133	— 0.588	0.737	1.35	1.04	0.1023	0.000022	0.000070	0.000141
Rameaux de l'année										
I. 3 premières feuilles	43	[1.996]	— 0.750	0.526	1.20	0.90	[0.1949]	0.000350	0.001752	0.002490
II. A partir de la 4e fe.	200	2.265	— 0.392	0.960	[1.37]	[1.04]	[0.0918]	[0.000019]	[0.000064]	0.000289
III. Feuilles médianes	71	2.282	— 0.319	1.039	[1.37]	[1.05]	[0.0648]	0.000046	[0.000059]	0.001248
Lambourdes										
I. 3 premières feuilles	58	[2.021]	— 1.153	0.145	1.27	0.98	[0.1703]	0.000138	0.001218	0.000812
II. A partir de la 4e fe.	62	[2.180]	— 0.630	0.694	[1.35]	[1.03]	[0.1047]	0.000124	0.000986	0.002171
Autres organes supports										
I. 3 premières feuilles	29	1.901	— 1.000	0.279	[1.30]	[1.02]	0.2785	0.000567	0.005364	0.004794
II. A partir de la 4e fe.	89	2.040	— 0.447	0.858	[1.34]	[1.07]	[0.0985]	0.000931	0.003846	0.014571

ANNEXE I.

PLAN DE PRÉLÈVEMENT DES FEUILLES DE L'ESSAI.

PROJECTION HORIZONTALE DE LA COURONNE DE L'ARBRE ECHANTILLONNÉ.

Détals de prélevement :

Appellation de l'organe-support des feuilles suivant la figure ci-dessus	Caractères de l'organe-support des feuilles prélevées.
A. PARTIE DE LA COURONNE EXPOSÉE A L'OUEST.	
1. *Sur la sous-charpentiere I insérée sur la charpentière A.*	
A I d	Lambourde (d) insérée sur la sous charpentière I, à 200 cm de la charpentière A.
A I e	Base du pédoncule d'un fruit d'une production (e) de la sous charpentière I, à 200 cm de la charpentière A.
A I f 1	Pousse de l'année (1) de la branche fruitière f, immédiatement après un fruit.

A I f 2 | Bois de 1 an (2) de la branche fruitière f entre la sous charpentière I et le fruit de A I F 1. A 22 cm du fruit.
A I g 1 | Pousse de l'année (1) d'un rameau (g) retombant. D'une longueur de 28 cm.
A I g 2 | Lambourde (2) de 1 cm insérée sur le rameau g.
A I h | Dard (h) de 4 cm situé à l'extrémité de la sous charpentière I à 325 cm de la charpentière A.

2. *Sur la sous charpentière I insérée sur la charpentière E.*

E I a 1 | Pousse terminale (1) d'un rameau (a) très vigoureux, vertical et en plein soleil, à 45 cm de la sous charpentière I issue de la charpentière E.
E I a 2 | Lambourde (2) de 1,5 cm située sur le rameau (a).
E I b | Rameau (b) gourmand vertical, long de 110 cm.
E I c | Rameau (c) horizontal long de 80 cm.

B. Partie de la couronne exposée au sud.

Sur la sous charpentière I insérée sur la charpentière D.

D I a 1 | Rameau (1) de 40 cm de long, de l'année, situé sous le couvert et inséré sur le gourmand (a) de 2 ans vertical sur la sous charpentière I.
D I a 2 | Lambourde (2) de 2 cm située sur le gourmand (a).
D I b | Rameau (b) horizontal, peu vigoureux et inséré sous le couvert, sur la sous charpentière I.
D I b 1 | Lambourde (1) située sur le rameau b de la sous charpentière I.
D I c 1 α | Rameau (α) de 45 cm de long, de l'année, situé sur le gourmand (1) de 2 ans vertical sur la branche fruitière (c).
D I c 1 β | Lambourde (β) de 2 cm issue du gourmand (1).
D I c 2 | Rameau (2) de 1 an horizontal ; de vigueur moyenne, ne portant pas de fruit et inséré sur branche fruitière c.
D I c 2 α | Lambourde (α) de 1,5 cm portée par le rameau (2).
D I c 3 | Prolongement de l'année (3), de faible vigueur et long de 11 cm, de la branche fruitière c issue de la sous charpentière I.

C. Partie de la couronne exposée a l'est.

1. *Sur la sous charpentière I insérée sur la charpentière B.*

B I a | Rameau gourmand (a) de 2 ans vertical, bien exposé et inséré sur la sous charpentière I de la charpentière B.
B I a 1 | Lambourde (1) du rameau gourmand a.
B I b | Branche fruitière (b) de 1 an horizontale, moyennement ensoleillée, longue de 22,5 cm et insérée sur la sous charpentière I de la charpentière B.
B I b 1 | Lambourde (1) de la branche fruitière b issue de la sous charpentière I.

2. *Sur la sous charpentière I insérée sur la charpentière C.*

C I a	Bois de 1 an de la branche (a) horizontale, bien exposée, ne portant pas de fruits, longue de 45 cm et insérée sur la sous charpentière I de la charpentière C.
C I a 1	Lambourde (1) située sur la branche fruitière (a).
C I b	Partie terminale de la fruitière b bien exposée, portant beaucoup de fruits et insérée sur la sous charpentière I.

D. PARTIE DE LA COURONNE EXPOSÉE AU NORD.

1. *Sur les organes insérés directement sur la charpentière A.*

A a	Rameau fruitier (a) vertical âgé de 1 an, long de 30 cm, situé sous le couvert et inséré directement sur la branche charpentière A.
A a 1	Lambourde (1) insérée sur le bois de 2 ans de la branche (a) issue de la charpentière A.
A b	Fruitière (b) horizontale bien exposée et située au début de la partie retombante de la branche charpentière A.
A b 1	Lambourde (1) insérée sur la branche (b) issue de A.
A c	Brindille (c) de 1 an ne portant pas de fruits, insérée sur la partie retombante de la charpentière A.
A c 1	Lambourde (1) insérée sur la brindille (c) issue de A.
A d	Brindille (d) terminale de la charpentière A, longue de 13 cm et portant 2 fruits.
A d 1'	Lambourde (1) de 0,5 cm issue de bourses insérées sur la brindille terminale d.

2. *Sur la sous charpentière II insérée sur la charpentilre A.*

A II b 1	Rameau (1) horizontal, long de 15,5 cm, bien exposé, ne portant pas de fruit et inséré sur la branche fruitière b issue de la sous charpentière II.
A II b 2	Lambourde (2) de 1,5 cm insérée sur le rameau A II b 1.

E. PARTIE DU SOMMET DE LA COURONNE.

S I a	Rameau de l'année (a) vertical, de 50 cm de long et inséré sur le gourmand 1, de 2 ans situé sous le couvert.
S I 1	Lambourde (1), de 1,5 cm insérée sur le gourmand I.
S II 1	Bois de 1 an (1) du rameau fruitier horizontal II, bien exposé et long de 30 cm.
S II 2	Lambourde (2) de 1,5 cm insérée sur le bois de 2 ans du rameau II.
S III	Rameau fruitier III long de 60cm, vertical, vigoureux, bien exposé.
S III 1	Lambourde (1) de 1,5 cm insérée sur le rameau III.
S IV	Rameau IV bien exposé, long de 11 cm et portant 1 fruit.
S IV 1	Lambourde (1) de 1 cm insérée sur le rameau IV.

ANNEXE II

DONNÉES DE L'ANALYSE CHIMIQUE DES FEUILLES PRÉLEVÉES

Dans les tableaux des données de l'analyse chimique ci-après, nous avons répéré :

1) les rameaux de l'année par un astérisque dans la case de leur appellation.
2) les lambourdes par deux astérisques dans la case de leur appellation.
3) les feuilles prélevées au hasard parmi les 482 feuilles de l'échantillon global en inscrivant, en italiques, leurs données d'analyse chimique.

A-1. Orientation ouest (1)

Ordre phyllotaxique de la base au sommet de l'organe	Appellation de l'organe support (*voir légende p.* 263 et 264).											
	A I d **			A I e **			A I f 1 *			A I f 2 *		
	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat sèche	N en mg	Mat. sèche g	Nen % de mat sèche	N en mg
1	0.0492	1.224	0.602	0.2869	2.074	5.950	0.0647	1.900	1.229	0.0955	1.906	1.820
2	0.0289	1.599	0.462	0.3186	2.300	7.328	*0.0981*	*2.576*	*2.527*	0.1518	1.614	2.450
3	*0.1289*	*1.683*	*2.169*				*0.2599*	*2.139*	*5.559*	*0.2276*	*1.907*	*4.340*
2	0.1294	1.677	2.170				*0.1230*	*2.117*	*2.604*	0.4065	2.239	9.102
5	0.1484	1.774	2.633				0.3952	2.487	9.829	*0.4558*	*2.073*	*9.449*
6	0.3336	2.035	6.789				0.4503	2.043	9.200	*0.6205*	*2.157*	*13.578*
7							0.7592	2.333	17.712	0.8244	2.513	20.717
8							*0.7597*	*2.194*	*16.668*	*0.6356*	2.390	*15.191*
9							*0.7824*	*1.657*	*12.962*	*0.7284*	*2.460*	*17.919*
10							0.7752	2.327	15.713	0.5668	2.495	14.142
11							*0.5753*	*2.434*	*14.003*	0.5793	2.683	15.543
12										*0.6985*	*2.455*	*17.148*

(1) Pour ce tableau et les suivants, consulter la légende de la page 266.

A-2. **Orientation Ouest** (*suite*).

Ordre phyllotaxique de la base au sommet de l'organe	Appellation de l'organe support (*voir le feuile p.* 264).											
	A I g 1 *			A I g 2 **			A I h			E I a 1 *		
	Mat. sèche g	N en % de mat sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg
1	0.0869	1.208	1.050	*0.0364*	*2.692*	*0.980*	*0.0544*	*1.892*	*1.029*	*0.0730*	*1.918*	*1.400*
2	*0.1312*	*2.134*	*2.800*	0.0107	2.557	0.274	*0.0324*	*1599*	*0.518*	0.0967	1.940	1.876
3	*0.2266*	*2.039*	*4.620*	*0.0574*	*1.854*	*1.064*	*0.0803*	*2.005*	*1.610*	0.2237	1.940	4.340
4	0.3060	2.539	7.769	*0.1042*	*2.203*	*2.296*	*0.1825*	*1.703*	*3.108*	0.4991	2.342	11.689
5	0.4040	2.408	9.728	0.1593	2.525	4.022	0.3897	2.425	9.450	*0.7369*	*2.498*	*18.408*
6	*0.5499*	*2.520*	*13.857*	0.2407	2.274	5.474	0.4558	2.050	9.344	*0.8200*	*2.578*	*21.140*
7	*0.7092*	*2.586*	*18.340*	*0.3093*	*2.521*	*7.797*	*0.6143*	*2.279*	*14.000*	*0.9566*	*2.451*	*23.446*
8	*0.8167*	*2.271*	*18.547*				0.3933	1.993	7.838	0.7744	2.268	17.563
9	0.2091	1.506	3.149							0.7328	2.579	18.899
10	*0.8620*	*2.355*	*20.300*							0.6925	2.527	17.499
11	0.1438	1.485	2.135							*0.6078*	*2.476*	*15.049*
12	0.6430	2.739	17.611							0.6596	2.621	17.288
13	0.6120	2.596	15.888							0.7627	2.624	20.013
14	*0.8185*	*2.510*	*20.544*							*0.5887*	*2.663*	15.677
15	0.8334	2.377	19.810							*0.5823*	*2.560*	*14.907*
16	*0.5627*	*2.140*	*12.042*							*0.5285*	*2.397*	*12.668*
17	0.1727	1.905	3.290							*0.4837*	*2.330*	*11.270*
18										0.2494	1.684	4.200
19										0.3290	2.404	7.909
20										0.2115	1.920	4.061

A-3. **Orientation Ouest** (*suite*)

Ordre phyllotaxique de la base au sommet de l'organe	Appellation de l'organe-support (*voir légende p.* 264).								
	E I a 2 **			E I b *			E I c *		
	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg
1	*0.0346*	*2.023*	*0.700*	0.2574	1.301	2.349	0.3510	1.875	6.589
2	0.0304	2.072	0.630	*0.4205*	*1.714*	*7.207*	*0.2691*	*1.847*	*4.970*
3	*0.0782*	*1.799*	*1.407*	*0.4767*	*1.836*	*8.752*	0.2600	1.615	4.199
4	0.1244	2.420	3.010	0.4156	1.937	8.050	0.4250	2.191	9.312
5	0.1754	2.474	4.339	0.4765	1.924	9.168	0.2120	1.948	4.130
6	0.4375	2.656	11.620	0.4036	1.977	7.979	*0.3009*	*2.164*	*6.511*
7				*0.5658*	*1.732*	*9.800*	0.3250	2.111	6.861
8				0.5186	1.809	9.381	*0.3689*	*2.391*	*8.820*
9				*0.5315*	*2.055*	*10.922*	0.4926	1.648	8.118
10				0.5318	1.869	9.939	0.3786	1.997	7.561
1				0.5076	2.000	10.152	*0.4515*	*1.876*	*8.470*
12				0.4982	2.079	10.358	0.4246	2.143	9.099
13				*0.5335*	*1.981*	*10.569*	*0.4155*	*2.105*	*8.746*
14				0.5118	2.229	11.408	*0.5009*	*1.747*	*8.751*
15				*0.4095*	*2.930*	*11.998*	0.4342	2.418	10.499
16				0.3667	3.286	12.050	*0.4198*	*2.301*	*9.660*
17				0.3938	3.377	13.299	0.4463	2.243	10.011
18				0.4510	2.623	11.856	*0.3907*	*2.415*	*9.435*
19				0.4585	2.679	12.283	*0.3816*	*2.256*	*8.609*
20				0.5400	2.398	12.949	0.3580	2.427	8.689
21				0.4659	2.449	11.410	*0.3025*	*2.499*	*7.559*
22				0.3362	2.165	7.279	*0.3448*	*2.497*	*8.610*
23				*0.1789*	*2.426*	*4.340*	0.2845	2.337	6.649
24				*0.0905*	*2.166*	*1.960*	0.3275	2.629	8.610
25				0.0355	3.155	1.120	0.1029	1.447	1.489
26				0.0273	2.564	0.700	0.5505	2.289	12.601

B. — 1. Orientation Sud

Ordrephyllotaxique de la base au sommet de l'organe	Appellation de l'organe support (*voir légende p.* 264).														
	D I a 1 *			D I a 2 **			D I b *			D I b 1 **			D I c 1 *a* *		
	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg
1	0.1792	1.180	2.115	0.0399	1.754	0.700	0.0695	1.994	1.386	0.0550	2.138	1.176	0.3618	2.119	7.667
2	*0.3555*	*2.048*	*7.281*	*0.0252*	*2.448*	*0.617*	0.1145	2.238	2.563	0.0281	2.491	0.670	0.4475	2.190	9.800
3	0.3753	1.977	7.420	0.0867	2.180	1.890	*0.1605*	*2.224*	*3.570*	0.0673	2.059	1.386	0.6173	2.461	15.192
4	0.4998	1.772	9.856	*0.1440*	*2.003*	*2.884*	*0.2183*	*2.180*	*4.759*	*0.1392*	*2.112*	*2.940*	0.6327	2.434	15.400
5	*0.4435*	*1.973*	*8.750*	0.3904	2.062	8.050	0.3205	2.490	7.980	0.1889	1.912	3.612	0.8483	1.749	14.837
6	*0.4941*	*2.125*	*10.500*	0.1699	1.805	3.067	*0.3760*	*2.141*	*8.050*	*0.1370*	*2.722*	*3.866*	0.5572	2.399	13.367
7	*0.3120*	*1.952*	*6.090*				0.5108	2.384	12.177				0.6532	2.368	15.468
8	0.2995	2.174	6.511				0.5536	2.276	12.600				0.6065	2.366	14.350
9	0.3825	2.086	7.979				0.5535	2.165	11.983				0.7603	2.265	17.221
10	0.4932	2.257	11.132				0.4932	2.356	11.620				0.4350	2.333	10.149
1	0.3535	2.338	8.265				0.4344	2.304	10.009				0.4775	2.214	10.572
12	*0.3285*	1.939	6.370				0.4233	2.276	9.634				*0.3357*	*2.189*	*7.348*
13	0.3670	1.984	7.281				*0.4630*	2.224	*10.297*				*0.3070*	*2.326*	*7.141*
14	*0.2600*	*1.804*	*4.690*				0.4620	2.242	10.358				0.3820	2.431	9.311
15													0.3562	2.535	9.030
16													*0.3298*	*2.377*	*7.839*
17													—	—	—
18													*0.4215*	*2.232*	*9.408*
19													0.1241	2.369	2.940
20													0.1580	2.171	3.430

B-2. Orientation Sud (*suite*)

Ordre phyllotaxique de la base au sommet de l'organe	Appellation de l'organe-support (*voir légende p.* 264).											
	D I c 1 β **			D I c 2 *			D I c 2 α **			D I c 3 *		
	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg
1	0.0227	1.419	0.322	0.0554	3.538	1.960	0.0560	2.600	1.456	0.0212	2.741	0.581
2	0.0497	1.578	0.784	0.1265	1.677	2.121	*0.0487*	*2.343*	*1.141*	*0.0940*	*2.346*	*2.205*
3	0.0567	1.605	0.910	0.2181	2.311	5.040	*0.0900*	*2.354*	*2.119*	*0.1175*	*2.169*	*2.549*
4	*0.1864*	*1.848*	*3.445*	*0.3597*	*2.724*	*9.798*	0.1810	2.120	3.837	0.0562	2.317	1.302
5	0.2261	2.461	5.564	0.4920	2.305	11.341	*0.1730*	*2.193*	*3.794*	0.2570	2.125	5.461
6	*0.5753*	*2.129*	*12.248*	0.6175	2.583	15.950	0.4540	2.544	11.550	0.3538	2.591	9.167
7				0.7399	2.554	18.897	0.3315	2.449	8.118	*0.4290*	*1.893*	*8.121*
8				*0.7832*	*2.253*	*17.645*				0.5545	2.298	12.742
9				*0.6682*	*2.158*	*14.420*				0.6394	2.551	16.311
10				*0.5349*	*2.382*	*12.741*				*0.6644*	*2.255*	*14.982*
11				*0.4665*	*2.491*	*11.621*				0.5905	2.323	13.717
12				*0.4210*	*2.311*	*9.729*				0.3615	2.207	7.978

C-1. **Orientation Est**

Ordre phyllotaxique de la base au somet de l'organe	Appellation de l'organe-support (*voir légende p. 264*).											
	B I a			B I a 1 **			B I b **			B I b 1		
	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg.	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg
1	0.2114	2.066	4.368	0.0482	2.324	1.120	*0.1502*	*1.724*	*2.589*	0.0405	3.872	1.568
2	*0.1178*	*1.640*	*1.932*	0.0170	3.624	0.616	0.2447	2.289	5.601	*0.0900*	*3.133*	*2.820*
3	*0.2860*	*2.080*	*5.949*	0.1307	1.875	2.451	0.3327	2.278	7.579	0.1165	1.922	2.239
2	*0.2534*	*2.072*	*5.250*	0.0372	2.145	0.798	*0.3896*	*2.882*	*11.228*	*0.2940*	*2.381*	*7.000*
5	0.2435	2.038	4.963	0.1920	2.042	3.921	0.4470	2.318	10.361	0.4128	2.544	10.502
6	0.2410	1.946	4.690	*0.3735*	*2.024*	*7.566*	0.4474	2.660	11.901	*0.3586*	*2.342*	*8.398*
7	0.6403	2.350	15.047	0.2160	2.755	5.951	0.3570	—	—			
8	*0.6610*	*2.123*	*14.033*				*0.2672*	*2.646*	*7.070*			
9	0.5378	2.213	11.902				*0.3309*	*2.750*	*9.100*			
10	0.1358	2.000	2.716				*0.4113*	*2.417*	*9.941*			

C-2. — **Orientation Est** (*suite*)

Ordrehpyllotaxique de la base au sommet de l'organe	Appellation de l'organe-support (*voir légende p.* 265).								
	C I a			C I a 1			C I b		
	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg
1	0.0786	—	—	*0.0389*	*1.979*	*0.770*	0.5300	2.219	11.761
2	*0.2178*	*2.070*	*4.508*	0.0657	1.939	1.274	0.4817	2.441	11.758
3	0.1875	1.120	2.100	0.1942	2.019	3.921	0.4748	2.506	11.898
4	0.4445	2.336	10.384	*0.0846*	*2.002*	*1.694*	*0.4496*	*2.491*	*11.200*
5	0.5160	1.696	8.751	0.2854	2.318	6.616	*0.4869*	*2.760*	*13.438*
6	0.6468	2.244	14.514	*0.3134*	*2.435*	*7.631*	0.4831	2.695	13.020
7	0.8390	2.132	17.887				*0.3429*	*2.246*	*7.702*
8	0.7156	2.299	16.452				*0.0440*	*2.195*	*0.966*
9	0.3750	2.483	9.311						
10	*0.4745*	*2.596*	*12.318*						
11	0.4170	2.434	10.150						
12	0.4648	2.372	11.025						
13	0.3120	2.670	8.330						
14	0.2660	2.842	7.560						
15	0.2676	2.302	6.160						
16	0.3306	2.473	8.176						
17	0.3991	2.403	9.590						
18									

D-1. Orientation Nord

Ordre phyllotaxique de la base au sommet de l'organe	Appellation de l'organe support (*voir légende p. 265*).														
	Aa			/ a 1 *			Ab			Ab 1 **			Ac		
	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mct. sèche g	N en % de mat sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg
1	*0.0904*	*1.223*	*1.106*	*0.0340*	*2.265*	*0.770*	*0.1128*	*1.613*	*1.819*	0.1032	1.597	1.648	*0.0494*	*2.040*	*1.008*
2	0.2200	1.432	3.150	0.0598	2.060	1.232	*0.2093*	*1.706*	*3.571*	*0.1488*	*1.839*	*2.736*	*0.1526*	*1.881*	*1.869*
3	0.3325	1.832	6.091	*0.1453*	*2.043*	*2.968*	0.4043	1.801	7.281	0.2734	1.536	4.199	0.2184	2.071	4.523
4	*0.3840*	*1.677*	*6.440*	*0.1213*	*1.789*	*2.170*	*0.5185*	*1.999*	*10.365*	0.2435	1.363	3.319	*0.4715*	*2.190*	*10.326*
5	*0.4346*	*1.804*	*7.840*	*0.2900*	*2.028*	*5.881*	0.6804	1.862	12.669	0.3165	2.014	6.374	*0.4558*	*2.073*	*9.449*
6	0.5216	—	—				*0.7145*	*1.812*	*12.947*				*0.5255*	*2.265*	*11.903*
7	0.6274	1.701	10.672				*0.813*	*1.950*	*15.820*				*0.8700*	*2.189*	*1.044*
8	0.2007	1.814	3.641				0.7007	2.138	14.981				0.6395	2.113	13.513
9	0.2506	1.648	4.130				*0.5410*	*2.277*	*12.319*				0.5461	2.320	12.670
10	0.2842	1.670	4.746				0.6360	2.124	13.509				0.5461	2.320	12.670
11	*0.2115*	*1.688*	*3.570*										0.5015	2.052	10.291
12	*0.3240*	*1.707*	*5.531*												
13	0.2143	1.158	2.482												
14	0.2572	1.707	4.390												
15	0.3252	1.679	5.460												
16	*0.1460*	*1.716*	*2.505*												
17	*0.1115*	*1.670*	*1.862*												

D-2. **Orientation Nord** (*suite*)

Ordre phyllotaxique de la base au sommet de l'organe	Appellation de l'organe support (*voir légende p.* 265).														
	Ac 1		**	Ad			Ad 1		**	A II b 1		*	A II b 2		*
	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg
1	0.0417	2.182	0.910	0.0573	1.686	0.936	*0.0292*	*1.726*	*0.504*	0.0612	1.601	10.586	*0.0155*	*2.710*	*0.420*
2	*0.2614*	*1.821*	*4.760*	0.0391	1.540	0.602	*0.0748*	*1.067*	*0.798*	*0.0358*	*1.369*	*0.490*	0.0300	1.493	0.488
3	0.3183	2.067	6.579	*0.1552*	*1.795*	*2.786*	0.1036	1.699	1.660	0.2520	1.639	4.130	0.1044	2.011	2.099
2				0.2277	2.213	5.039	0.0612	1.647	1.008	*0.4263*	*2.332*	*9.941*	*0.0640*	*2.188*	*1.400*
5				0.1087	—	—	0.1869	1.985	3.710	*0.*1875	2.091	3.921	0.1739	2.005	3.487
6				*0.3193*	*2.064*	*7.210*	*0.3145*	*2.003*	*6.299*	0.5560	2.266	12.599	0.4335	2.170	9.407
7				0.4976	1.984	9.872	*0.3088*	*2.017*	*6.228*	*0.8054*	*2.642*	21.279	0.5075	1.476	7.491
8				0.5949	2.012	11.969	*0.2163*	*1.812*	*3.919*	0.7810	2.223	17.362	0.3653	2.539	9.275
9				0.4646	1.944	9.032				*0.8422*	*2.144*	*18.057*			
10				*0.6567*	*1.279*	*8.399*				*0.8350*	*2.255*	*18.829*			
11										*0.6717*	*2.241*	*15.053*			
12										0.7020	2.134	14.981			
13										*0.0956*	*2.197*	*2.100*			
14										0.2852	2.111	6.021			
15										*0.4309*	*2.242*	*9.661*			
16										*0.1399*	*1.851*	*2.590*			

D-1. Sommet de l'arbre

Ordre phyllotaxique de la base au somet de l'organe	Appellation de l'organe support (*voir légende p.* 265).											
	S I a *			S I 1 **			S II 1			S II 2 **		
	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N eh % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg
1	0.0450	1.893	0.852	0.0265	—	—	*0.0754*	*1.801*	*1.358*	*0.0277*	*1.895*	*0.525*
2	*0.1130*	*2.187*	*2.471*	0.0374	1.610	0.602	*0.0654*	*1.573*	*1.029*	*0.3475*	*1.994*	*6.929*
3	*0.2204*	*1.772*	*3.905*	*0.0841*	*2.048*	*1.722*	*0.1063*	*1.692*	*1.799*	0.5152	2.255	11.618
2	*0.3022*	*1.853*	*5.600*	0.1546	1.811	2.800	0.0181	1.162	0.210	0.3354	2.108	7.070
5	0.3621	1.856	6.721	*0.1627*	*1.979*	*3.220*	0.3987	1.984	7.910	0.3667	2.119	7.770
6	0.4831	1.927	9.309	*0.2893*	*2.395*	*6.929*	*0.6942*	*2.276*	*15.800*			
7	0.5908	2.310	13.647	0.3493	2.285	7.982	0.5252	2.279	11.969			
8	0.5464	2.332	12.742				0.4994	1.850	9.239			
9	*0.4890*	*2.305*	*11.271*				0.5413	2.160	11.692			
10	*0.3608*	*1.901*	*6.859*				0.5594	2.277	12.738			
11	0.3337	2.056	6.861				*0.4899*	*2.086*	*10.219*			
12	0.3168	2.019	6.396				0.2493	1.853	4.620			
13	0.3488	2.228	7.771				0.1252	1.901	2.380			
14	*0.3785*	*2.349*	*8.891*				0.2077	2.460	5.109			
15	0.3187	2.109	6.721				0.2551	2.250	5.740			
16	*0.3595*	*1.889*	*6.791*				*0.2651*	*2.192*	*5.811*			
17	0.3399	2.039	6.931				*0.5473*	*2.219*	*12.145*			
18	0.2705	1.811	4.899									
19	*0.0661*	*2.224*	*1.470*									
20	0.1245	1.406	1.750									
21	0.0501	1.469	0.736									

D-2. **Sommet de l'arbre** (*suite*)

Ordre phyllotaxique de la base au sommet de l'organe	Appellation de l'organe support (*voir légende p.* 265).											
	S III			S III 1		**	S IV			S IV 1		**
	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg	Mat. sèche g	N en % de mat. sèche	N en mg
1	0.0480	1.896	0.910	0.0359	2.535	0.910	0.0124	1.129	0.140	0.0372	2.032	0.756
2	0.0845	2.485	2.100	0.0843	1.669	1.407	0.3485	1.788	6.231	*0.0091*	*2.077*	*0.189*
3	0.1728	1.944	3.359	*0.1237*	*1.811*	*2.240*	0.5961	—	—	0.5153	2.269	11.692
4	0.1158	3.083	3.570	0.0492	—	—	*0.5525*	*2.331*	*12.879*	0.3349	2.367	7.927
5	*0.2587*	*1.894*	*4.900*	0.2573	1.904	4.899	0.4789	2.207	10.569	*0.2986*	*2.508*	*7.489*
6	0.5295	1.877	9.939	0.3078	2.001	6.159	*0.4041*	*2.546*	*10.288*			
7	*0.7522*	*1.917*	*14.420*	*0.3971*	*2.221*	*8.820*	0.5239	2.231	11.688			
8	*0.3548*	*2.289*	*8.121*	0.4072	2.097	8.539						
9	*0.7538*	*1.811*	*13.651*									
10	*0.7765*	*1.731*	*13.441*									
1	*0.1278*	*2.410*	*3.080*									
12	0.2495	1.375	3.341									
13	0.1906	1.689	3.219									
14	0.3200	2.734	8.749									
15	*0.3017*	*1.972*	*5.950*									
16	*0.3339*	*2.055*	*6.862*									
17	0.2955	1.800	5.319									
18	0.2460	2.114	7.314									
19	*0.3227*	*2.126*	*6.861*									
20	0.3668	2.176	7.082									
21	*0.3446*	*2.255*	*7.771*									
22	*0.3278*	*2.285*	*7.490*									
23	*0.4322*	*2.106*	*9.102*									
24	0.3233	2.273	7.349									
25	*0.2135*	*2.000*	*4.270*									
26	*0.3040*	*2.349*	*7.141*									

BIBLIOGRAPHIE

I. — Arboriculture Fruitière.

(1) Baker C. E. The effect of different methods of soil management upon the potassium content of apple and peach leaves, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1941, XXXIX. 33,

(2) Baker C. E. Further results on the effect of different mulching and fertilizer treatments upon the potassium content of apple leaves, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1943, XLII, 7.

(3) Beattie J. M. and Ellenwood C. W. A survey of the nutrient status of Ohio apple trees, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1950, LV, 47.

(4) Boynton D. and Compton O. C. The influence of differential fertilization with ammonium sulfate on the chemical composition of Mc Intosh apple leaves, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1944, XLV, 9.

(5) Cain J. C. Some effects of season, fruit crop and nitrogen fertilization on the mineral composition of Mc Intosh apple leaves, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1948, LI, 13.

(6) Cook J. A. and Boynton D. Some factors affecting the absorption of urea by Mc Intosh apple leaves, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1952, LIX, 82.

(7) Dorsey M. J. and Mc Munn R. L. A comparison of different methods of taking samples of apples in experimental plots, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1931, XXVIII, 619.

(8) Emmert F. H. The soluble and total phophorus, potassium, calcium and magnesium of apple leaves as affected by time and place of sampling, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1954, LXIV, 1.

(9) Emmert F. H. The influence of variety, tree age and mulch on the nutritional composition of apple leaves, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1954, LXIV, 9.

(10) Federer W. T. Plot technique in greenhouse experiments, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1953, LXII, 31.

(11) Frear D. E. H. and Anthony R. D. The influence of date of sampling on the value of leaf weights and chemical analyses in nutrition experiments with appele trees, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1943, XLII, 115.

(12) Frear D. E. H., Anthony R. D., Haskins A. L. and Hewetson F. N. Potassium content of various parts of the peach tree and their correlation with potassium fertilization-a sampling study, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1948, LII, 61.

(13) Gachon L. et Collier D. Contribution à l'étude du diagnostic foliaire du pommier, *Annales Agronomiqes*, 1951, V, 550.

(14) Gossard A. C. A study of methods of sampling pecan leaves for total nitrogen analysis : *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci*, 1943, XLII, 109.

(15) Hamilton J. and Seymour G. The relation of fertilization with copper and nitrogen to copper deficiency symptoms, leaf composition and growth of tung, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1947, L, 119.

(16) Irwin J. O. Precision records in horticulture, *The Jour n. of Pomology*, 1931, IX, 149.

(17) Kenworty A. L. Nutrient element composition of leaves from fruit trees, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1950, LV, 41.

(18) KOCH E. J. Plot technique in small fruits, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1953, LXII, 14.

(19) LAGATU H. et MAUME L. Sur le contrôle chimique du mode d'alimentation de la vigne par les engrais, *Communication Montpellier, juin 1927.*

(20) LAGATU H. et MAUME L. La composition N P K des feuilles d'un rameau de vigne aramon diffère-t-elle selon que ce rameau est plus ou moins fertile, *C. R. Acad. Sci.*, 1938, CCVII, 552.

(21) LECRENIER A. et DERMINE E. Colloquium sur l'échantillonnage des plantes, *Com. Nat. Etude Cult. Fruit. Gembloux* (Belgique) 1/5/1951.

(22) LILLELAND O. and BROWN J. G. The potassium nutrition of fruit trees. (Peach leaves.) III, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci*, 1941, XXXVIII, 37.

(23) MONSELISE S. P. and HEYMANN-HERSCHBERG L. Influence of exposure and age on dry mater content, area and mineral composition of Shamouti Orange leaves, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1953, LXII, 67.

(24) MULLER D. Die physiologische Grundlage für die Mangelsymptome des Pflanzen, *Physiologia Platarum*, 1949, XII, 10.

(25) MULDER D. De betekenis van het bladonderzoek voor 't bemestingsprogramma, *De Fruitteelt*, 1951, XLI, 368.

(26) PREVOT P. et OLLAGNIER M. Diagnostic foliaire du palmier à huile et de l'arachide. Extrait de : « *Analyse des Plantes et Problèmes des Engrais minéraux* », VIII^e Congrès International de Botanique, Paris 1954. Édité par l'Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux, 13, Square Pétrarque, Paris (16^e).

(27) POTTER G. Field Plot Technique for Tree Crops, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1953, LXII, 4.

(28) ROGERS B. L. and BATJER L. P. Seasonal trend of several nutrient elements in Delicious apple leaves expressed on a per cent unit area basis, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1953, LXI, 1.

(29) SCHULTZ E. F. Jr and SCHNEIDER G. W. Sample size necessary to estimate size and quality of fruit, growth of trees and per cent fruit set of apples and peaches, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1955, LXVI, 36.

(30) SHEAR G. M. and HORSFALL F. Leaf nitrogen and color responses to nitrogen fertilization, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1948, LII, 57 et 1952, LIX, 65.

(31) SMITH C. B. and TAYLOR G. A. Tentative optimum leaf concentrations of several elements for Alberta peach and Stayman apple in Pensylvania orchards, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1952, LX, 33.

(32) SOUTHWICK L. Magnesium deficiency in Massachusetts apple orchards, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1943, XLII, 85.

(33) THOMAS W., MACK W. B. and FAGAN F. N. Foliar diagnosis : the mineral nutrition of peach trees with particular reference to bacterial leaf spot, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1948, LII, 47.

(34) TITUS J. S. and BOYNTON D. The relation between soil analysis and leaf analysis in eighty New York Mc Intosh apple orchards, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1953, LXI, 6.

(35) WALRATH E. K. and SMITH R. C. Survey of forty apple orchards, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1952, LX, 22.

(36) WALTER C. J. Some general considerations of plot technique in horticulture, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1953, LXII, 35.

(37) Wander J. W. and Gourley J. H. Effect of haevy mulch in a apple orchard upon several soil constituents and the mineral content of foliage and fruit, *Proc. Amer. Soc. for Hort. Sci.*, 1943, XLII, 1.
(38) Weeks W. D., Southwick F. D., Drake M. and Steckel J. E. The effect of rates and sources of nitrogen, phosphorus and potassium on the mineral composition of Mc Intosh foliage and fruit color, *Proc. Amer. Soc. for Hort, Sci.*, 1952, LX, 11.

II. — Statistique.

(1) Bartlett M. S. Supplement to the *J. of Roy. Stat. Soc.*, 1937, IV, 137.
(2) Finney D. J. *Probit Analysis*, Cambridge, 1952.
(3) Fisher Sir R. A. and Yates F. *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research*, Oliver and Boyd, 5e ed., 1957.
(4) Martin L. *Étude biométrique de grandeurs somatiques recueillies sur les conscrits et recrues belges et de leur évolution*, Institut National de Statistique, Bruxelles, 1957.
(5) Snedecor G. W. *Statistical Methods*, Iowa State College Press, Ames, Iowa, 5e éd., 1956.
(6) Student. *Biometrika*, 1908, VI, 1.

Nouvelles observations sur les propriétés des hélicides (*)

par W. E. van den Bruel et R. Moens.

Les expériences rapportées en 1956 (1) nous ont permis de nous faire une première opinion sur la valeur comparée de divers traitements recommandables pour les semis de céréales envahis par *Agriolimax reticulatus* Müller.

Les recherches en plein air ont été poursuivies pour préciser le mode d'action de l'hélicide sur le Mollusque, compte tenu des possibilités de dérobade offertes à l'animal par le couvert végétal et d'autres abris naturels existant sur le terrain.

Les produits.

Les produits pris en considération ont été : la cyanamide calcique non huilée, le métaldéhyde, le D. N. O. C. et un composé de synthèse chloré.

La cyanamide calcique et le son refermant 4 % de métaldéhyde ont fait l'objet d'essais en 1955. Trois préparations nouvelles d'hélicides leur ont été jointes :

1. Un appât renfermant 4 % de métaldéhyde, présenté sous forme de granulés et dérivé du procédé des « biscuits au méta » préconisé par D. C. Thomas (2).

2. Un hélicide commercial nouveau, renfermant 10 % de parachloronitrobenzène, que nous appellerons « composé chloré ». Il s'emploie par poudrage et épandage. Il est déclaré inoffensif pour les Mammifères (3).

(*) Déposé à la rédaction le 3 février 1958.

(1) W. E. van den Bruel et R. Moens. Une méthode de lutte efficace utilisable en plein champ contre les Limaces. *Parasitica*, XII (1), 1956, p. 8-15.

R. Moens et W. E. van den Bruel. Proeven op bestrijding van Slakken (*Agriolimax reticulatus* Müller). *VIII Symposium over Phytopharmacie*, Gent, 1956, p. 401-410.

(2) D. C. Thomas. The use of metaldehyde against slugs. *Ann. Appl. Biol.*, XXXV (2) 1948, p. 207-227.

(3) Les composés nitro-chlorés aromatiques à l'état pur irritent et sensiblisent la peau. Leur action ressemble à celle du nitrobenzène, mais est moins sévère. Ils peuvent déterminer la formation modérée de méthémoglobine Cf. A. Hamilton et H. L. Hardy. *Industrial Toxicology* (2e édition 1949, p. 294 N. Y. : Paul B. Hoeber) et R. H. Dreisbach *Handbook of Poisons* (1955, p. 96. Los Altos, Calif. : Lange Medical Public).

3. Le D. N. O. C. qui, selon un technicien français, détruirait des limaces lors du traitement des semis de céréales. Nous avons choisi une préparation à base de sel ammonique du D. N. O. C. préconisée comme herbicide.

Les modalités experimentales.

Les modalités expérimentales ont été modifiées. Elles portent sur deux groupes d'essais.

A) Le premier groupe d'essais a été exécuté sur un terrain cultivé en 1955 et envahi depuis lors par un épais tapis de mauvaises herbes. (*Cirsium lanceolatum*, *Taraxacum officinale*, *Stellaria media*) ; les limaces, naturellement abondantes sous cette couverture végétale, appartiennent dans leur très grande majorité à l'espèce *A. reticulatus* Müller. Les parcelles d'observation mesurent 1 m² et sont séparées les unes des autres par des bandes de terrain non traité, larges de 0,50 m, utilisées pour la circulation. La répartition des parcelles s'est faite suivant la méthode des blocs, le nombre de répétitions dépendant de celui des produits examinés simultanément afin de maintenir la possibilité d'exécution des examens comparés dans les limites de temps raisonnables. Le nombre de répétitions a été de 8, 4 et 3 suivant les circonstances.

Le contrôle de l'effet des traitements a toujours consisté en un seul examen, pour chaque élément du terrain, exécuté 1, 2, 3 et même 10 jours après l'application de l'hélicide. Le sol et les plantes ont été explorés centimètre par centimètre pour dénombrer les limaces tuées ou survivantes. La séparation rapide des individus morts et vivants s'est faite suivant leur attitude après attouchement : les premiers restent allongés sur le sol, la tête bien dégagée, tandis que les seconds se tiennent ramassés ou se contractent lorsqu'on les irrite. Il n'a pas été créé de catégorie « malade » pour éviter toute possibilité d'interprétation subjective des faits observés, les caractères extérieurs de l'intoxication des Limacidae se prêtant mal à une diagnose rapide. Les animaux classés comme « vivants » peuvent donc comprendre des « malades » dont l'avenir est incertain. La mort a été considérée comme le seul état ne prêtant pas à discussion.

B) Le second groupe d'essais a été établi sur un terrain dénudé divisé en parcelles de 1 m² cloturées par un treilli (maille de 1 mm) haut de 20 cm, suffisant pour empêcher la fuite des Mollusques. Un nombre connu de limaces a été introduit dans chaque parcelle et dissimulé sous des abris artificiels : pierres et feuilles de betteraves. L'application du produit a suivi immédiatement la mise en place des animaux. Ceux-ci ont pu quitter leur couvert et circuler à leur guise dans les limites de l'enclos. Les conséquences des traitements ont été observées pendant plusieurs jours.

Les expériences.

Groupe A. — Effets des hélicides appliqués sur une couverture végétale.

Le collationnement des animaux dénombrés a mis en évidence la répartition uniforme de la population de *A. reticulatus* Müller sur le terrain expérimental. Le Tableau I, qui sera examiné plus loin, illustre cette constatation.

Les résultats des traitements sont représentés par les figures I, II, III, IV et V.

Les opérations ont été menées à quatre moments différents. Ceux-ci ont été désignés par des lettres pour faciliter l'examen comparé des graphiques :

A = 25 septembre 1956.
B = 9 octobre 1956
C = 28 novembre 1956.
D = 17 décembre 1956.

Ces lettres sont inscrites auprès des données climatologiques caractérisant chacune des périodes d'observation.

La mortalité exprimée en %, obtenue par le rapport entre le nombre d'individus morts et celui de l'ensemble des limaces retrouvées, est indiquée sur des diagrammes en fonction du temps écoulé entre l'application du produit et le relevé de ses effets.

Le nombre total des limaces mortes et vivantes retrouvées est inscrit au sommet des « bâtons » constitutifs des diagrammes.

Témoins.

Des parcelles-témoins non traitées, ayant les mêmes dimensions caractéristiques et le même nombre de répétitions que celles soumises aux expériences, ont été établies lors de chaque série d'essais et dispersées parmi les éléments traités suivant les règles du système des blocs. Les valeurs relevées dans les parcelles-témoins sont réunies dans le Tableau I.

La « mortalité » constatée sur les parcelles-témoins est manifestement négligeable par rapport à celle relevée sur les terrains traités. La densité de la population retrouvée aux divers moments diminue avec le degré d'avancement de la saison. La cause de cette diminution n'a pas été définie : peut-être s'agit-il d'une simple descente en terre. H. F. Barnes et J. W. Weil ont constaté la même régression du nombre de *A. reticulatus* dans leurs relevés exécutés de septembre à décembre [1]. Les moments B, C, et

(1) H. F. Barnes et J. W. Weil. Slugs in gardens : their numbers, activities and distribution. Part 2. *Journ. animal Ecol.*, XIV (2), 1945, p. 78.

TABLEAU I

N° des parcelles témoins	Nombre de limaces retrouvées		
	mortes	vivantes	Totaux
Moment A (Relevé effectué après 7 jours)			
1	3	110	113
2	3	65	68
3	4	100	104
4	1	91	92
5	3	87	90
6	2	98	100
7	1	82	83
8	3	97	100
Totaux	20	730	750
Mortalité	2,6 %		
Moment B (Relevé effectué après 3 jours)			
1	2	69	71
2	1	47	48
3	4	59	63
4	2	57	59
Totaux	9	232	241
Mortalité	3,7 %		
Moment C (Relevé effectué après 6 jours)			
1	0	28	28
2	0	15	15
3	0	30	30
Totaux	0	73	73
Mortalité	0 %		
Moment D (Relevé effectué après 10 jours)			
1	0	15	15
2	0	12	12
3	0	13	13
Totaux	0	40	40
Mortalité	0 %		

D. ont été caractérisés par des périodes de gel au sol (léger gel nocturne pour le moment B, gel plus accentué pour C et D). Néanmoins des limaces vivantes ont toujours été retrouvées en surface du sol, même immédiatement après le gel. L'absence de cadavres aux moments C et D s'oppose à leur présence en A et B. Il n'est pas exclu que ces derniers soient quelques individus intoxiqués dans une parcelle voisine traitée qui aient eu le temps, avant de mourir, de pénétrer sur le témoin distant seulement de 0,50 m. L'existence d'une mortalité naturelle de 3 % passe toutefois facilement inaperçue sur des échantillons de population aussi faible de 70 et 40 individus.

Nous pouvons conclure de cet examen que la mortalité constatée sur les parcelles traitées donne la mesure de l'effet réel de l'hélicide, la mortalité naturelle n'influençant pas les valeurs obtenues par notre technique opératoire.

Discussion des effets constatés.

a) Cyanamide calcique.

Le produit utilisé est la cyanamide calcique 18 %. Il a été appliqué à l'aide d'une petite poudreuse à main, type soufflet, afin d'obtenir une répartition régulière sur surface réduite. Les doses ont été de 100, 200, 300 et 500 kg/ha.

D'autres essais ont porté sur les mêmes doses de cyanamide fraîchement dispersée dans l'eau et répartie par arrosage. Le liquide a été fréquemment agité pour maintenir le produit en suspension pendant la distribution. La quantité de liquide appliquée a toujours été de 2,5 litres au m^2 ; elle assurait avec l'arrosoir utilisé une bonne répartition de la suspension et permettait d'espérer une action non négligeable sur les limaces tapies dans leurs refuges naturels.

Les Fig. I et II donnent les résultats obtenus.

Dans les poudrages, la dose de 500 kg a été appliquée aux moments A, C et D. L'efficacité de 100 % a été constatée après 10 jours (D) ; celle de 90 % a été atteinte le cinquième jour (C) et même dès le deuxième jour (A). Nous constatons que la mortalité augmente avec le temps ; parmi les individus classés comme vivants le deuxième jour se trouvent bien des limaces manifestement intoxiquées et qui succomberont dans un proche avenir. Il a été noté que les chardons à feuilles en rosettes étroitement appliquées au sol offrent à *A. reticulatus* un refuge de choix : elles abritent au début de l'expérience des individus intacts généralement fixés au végétal. Celui-ci subit toutefois l'effet herbicide de la cyanamide : les organes épigés sont flétris après 10 jours et entre-temps les pluies ont entraîné l'hélicide sous son couvert, assurant la destruction de l'animal.

La dose de 300 kg/h a encore fourni des résultats satisfaisants quoique inférieurs à ceux de 500 kg. Son action se situe vers 70 (C) à 80 (B) % les premiers jours et atteint 95 % le dixième jour (D). Ceci contraste avec les effets constatés lors d'essais antérieurs où la végétation était moins dense : ils rivalisent dans ce dernier cas avec ceux de la dose de 500 kg. Le couvert végétal constituant un écran épais ralentit l'action de l'hélicide sur la population du Mollusque : la diffusion sous l'effet des pluies est peut-être moins efficace dans cette situation que pour la forte dose (cf. D).

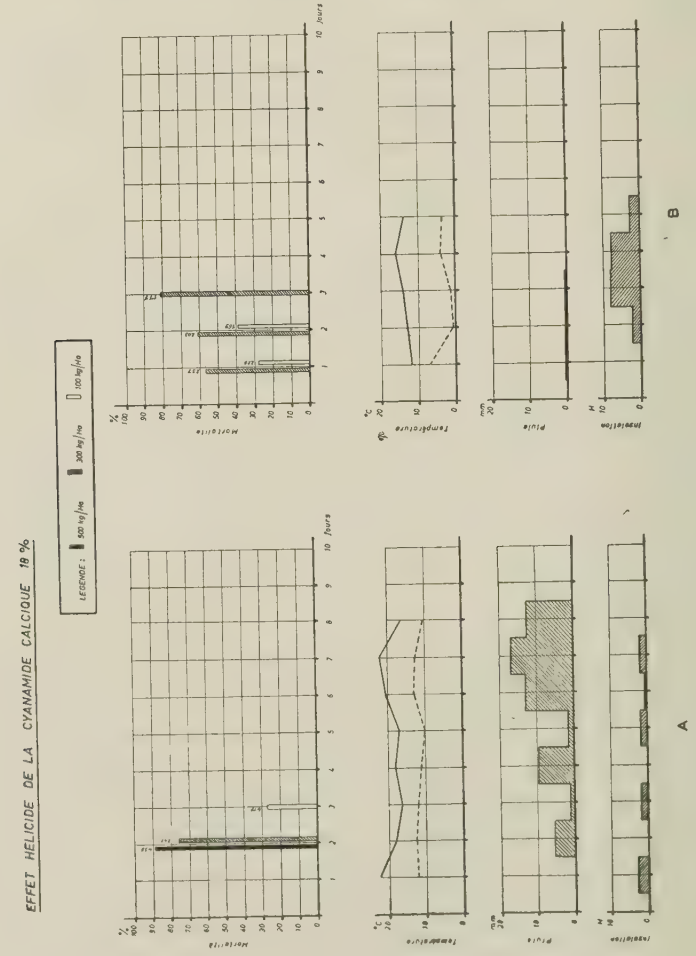


FIG. 1

Une diminution nette de la mortalité s'observe à partir de la dose de 200 kg (D) et s'accentue avec celle de 100 kg (A et B), nettement insuffisante.

La confrontation de l'efficacité des traitements aux doses de 500 et 300 kg au cours des périodes A, B et C révèle que la première d'entr'elles (A) a favorisé une action toxique rapide. L'application fut effectuée par temps relativement chaud (22,5°/12,5° C), couvert mais sec ; elle fut suivie de pluie le lendemain. Les conditions climatiques du deuxième jour (brouillard) ont favorisé la circulation des limaces en surface pendant la journée. La période B est caractérisée par une température modérée (12°/7,5° C), un ciel couvert et de la rosée lors de l'application, suivie de gel nocturne, temps sec et ensoleillé ; ces circonstances ont été moins favorables, probablement par réduction simultanée des déplacements des Mollusques et de la diffusion de la substance toxique. L'effet du poudrage pendant la période C a été au début inférieur à celui de A et égal à celui de B ; le temps est alors plus froid (6 et 4° C/0 et — 0,5° C) et pluvieux, ce qui influence certes les mouvements des limaces à la surface. La mortalité pour le moment C est augmentée le cinquième jour par net relèvement de la température, ciel couvert et très légère précipitation.

Nous ne possédons malheureusement pas d'observations sur les premiers effets des applications effectuées au moment D. Nous constatons qu'après 10 jours l'efficacité de la forte dose (500 kg) est totale, de celle de 300 kg très satisfaisante (97 %). Le poudrage a été effectué par une température modérée (12°/5,5° C) analogue à B, temps sec mais cette fois ensoleillé ; la pluie est survenue le troisième jour puis le temps fut froid (0,5°/ — 5°C), sec et couvert. Ces circonstances nous paraissent avoir favorisé la dispersion du produit lors de la précipitation puis la conservation des constituants toxiques dont les transformations ont été ralenties par le froid (1).

Les arrosages ont été effectués aux moments C et D. Au moment C, à la dose de 300 kg ils marquent un certain avantage sur le poudrage correspondant. Les effets de l'arrosage à raison de 200 kg tendent à rivaliser avec celui du poudrage 300 kg. Par contre, l'efficacité de l'arrosage type 100 kg reste nettement insuffisante. Au moment D, après 10 jours, la dose de 500 kg fournit la cote maxima, celle de 300 kg marque une insuffisance par rapport au poudrage correspondant, tandis que les 200 kg conservent une légère avance au traitement par arrosage. Les 200 kg marquent encore, dans les meilleures conditions, leur insuffisance. Il est possible que la pluie du troisième jour ait dans le cas D favorisé le poudrage pour les doses de 300 kg et davantage, et que ce facteur influence moins les apports plus faibles. En opposition, les arrosages peuvent augmenter quelque peu l'efficacité du traitement, mais dans une mesure insuffisante pour compenser

(1) D'après G. Strijckers, l'application de cyanamide en période de gel lorsqu'on prévoit le dégel assure l'effet herbicide le plus élevé sur le Jouet-du-Vent (*Apera spica-venti* P. Beauv.). Bestrijding van windhalm of pluimgras met kalkstikstof in tarwe — *Landbouwtijdschrift* Nr 12, 1951.

d'une part les difficultés de l'opération et d'autre part les effets des précipitations capables d'augmenter la dilution des suspensions — ce qui pourrait en réduire l'efficacité. La pluie favorise par contre la dispersion des poudres (lorsqu'elle n'est pas excessive, elle semble même augmenter le rendement).

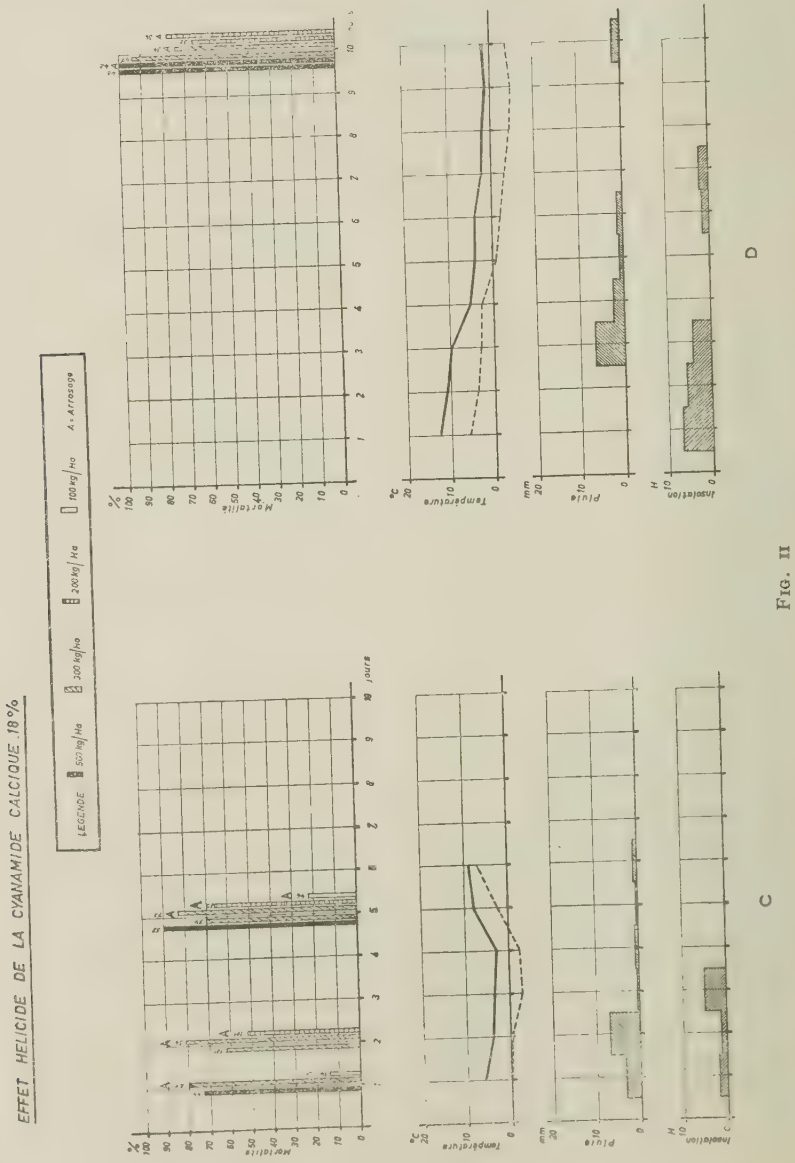


FIG. II

Remarque : L'ensemble des relevés montre l'homogénéité de la distribution des limaces sur le terrain considéré comme un tout. Toutefois, les résultats individuels manifestent des divergences dues à l'exiguité des parcelles, lesquelles disparaissent par la totalisation des dénombrements réalisés lors des 8 répétitions (moment A).

Le nombre de répétitions n'a pu être malheureusement maintenu : il fut ramené à 4 pour le moment B et à 3 pour les moments C et D. Cette réduction a coïncidé avec une nette régression du nombre de limaces due à l'avancement de la saison. L'effet cumulé de ces deux facteurs exalte l'influence des variations individuelles sur le résultat final pour les traitements effectués aux deux derniers moments : chaque fois qu'un résultat partiel a été nettement discordant par rapport aux deux autres, il a entraîné une modification de la valeur finale altérant les possibilités d'appréciation comparative. Le cas se présente pour la cyanamide — arrosage (300 kg) au moment D, qui a fourni comme résultats partiels :

Morts	*Vivants*
8	6
9	1
8	2
25	9

Le premier résultat partiel a réduit d'une manière excessive la valeur d'ensemble (1) : nous en trouvons le témoignage dans la confrontation avec la cyanamide — poudrage (300 kg), que voici :

Morts	*Vivants*
14	1
16	2
14	0
44	3

Le traitement du sol par arrosage avec la cyanamide 300 kg est donc susceptible de fournir des résultats supérieurs à ceux indiqués sur le graphique ; la confrontation des résultats partiels laisse pourtant subsister l'impression d'une certaine supériorité manifestée dans cette expérience par le poudrage.

(1) Cette proportion anormalement élevée de survivants dans la première parcelle (près de 50 %) peut être due à l'existence de un ou plusieurs pieds vigoureux de chardons à feuilles radicales ayant constitué un abri accidentel d'une efficacité particulière (Cf. Groupe d'essais B).

b) Granules au métaldéhyde.

L'intérêt des « biscuits » au métaldéhyde préconisé par D. C. Thomas réside dans la solidité de l'appât, qui résiste au délavage par les pluies, à la dispersion par le vent et à l'entraînement dans le sol par les Lombrics : les biscuits peuvent être distribués sur le terrain, maintenus plusieurs semaines, ramassés, nettoyés et mis en réserve pour l'année suivante.

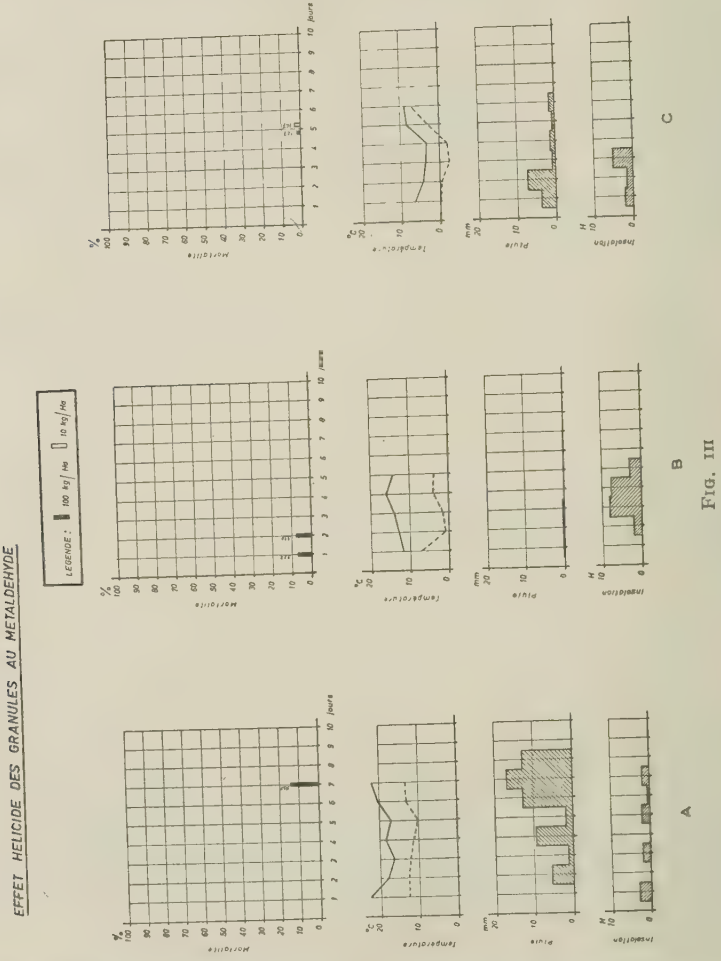


Fig. III

Les granulés qui en dérivent sont d'un emploi fort commode tout en ne se prêtant pas à la récupération après usage. Ils sont distribués à la volée ou répartis par lignes. Ils résistent aux effets des intempéries pendant deux à trois semaines : leurs constituants sont, à ce moment, désagrégés mais il

subsiste des petits tas de bouillie qui ne sont peut-être pas encore dépourvus d'efficacité.

La dose recommandée pour la grande culture est de 10 kg de granules à l'hectare, soit environ 10 granules par mètre carré — ce qui est très faible. Nous avons utilisé en outre 100 kg à l'hectare (soit 100 granules au mètre carré).

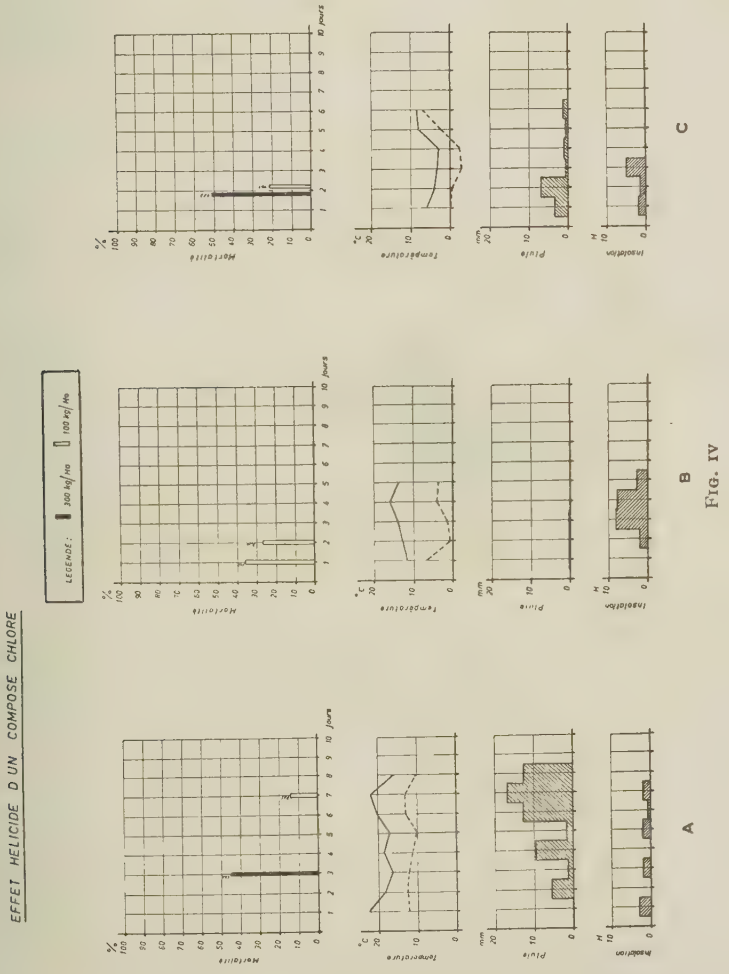


FIG. IV

Les essais ont été effectués aux moments A, B, et C. Les graphiques de la Fig. III montrent que ce genre de préparation ne convient pas pour traiter un sol garni d'une épaisse couverture végétale. On y retrouve la trace de l'effet dépressif du froid sur l'efficacité du métaldéhyde.

c) Composé chloré.

Cette préparation introduite récemment sur le marché belge est une poudre renfermant 10 % de parachloronitrobenzène. Le fabricant assure qu'elle est relativement peu toxique pour les Mammifères. Elle offre donc à ce point de vue un avantage sur le métaldéhyde, dont la toxicité pour les Vertébrés n'est pas négligeable (30 à 60 mg/kg pour l'Homme).

La préparation examinée s'emploie par poudrage ou par épandage. Nous l'avons utilisée uniformément répartie aux doses de 100 et 300 kg à l'hectare pendant les moments A, B et C (Cf. Fig. IV).

Les résultats obtenus ici ne permettent pas de recommander l'usage de cette préparation pour traiter une forte couverture végétale avant le semis de la céréale. La baisse de température ne paraît guère modifier l'efficacité du produit, qui semble toutefois plus sensible à la pluie.

Notons que d'autres essais, effectués sur *terrain nu*, ont fourni des résultats plus satisfaisants, atteignant 85 % de mortalité. L'aisance de l'application et le peu de toxicité pour les Vertébrés et les Végétaux retiennent l'attention sur cet hélicide. Il pourrait offrir des possibilités intéressantes pour la destruction de limaces en présence de végétaux sensibles ou susceptibles d'être consommés par le bétail ou le gibier. Il serait peut-être souhaitable de disposer d'une préparation à plus forte teneur en substance active afin de renforcer l'efficacité s'il n'en résulte pas d'accroissement sensible de la toxicité à l'égard des Vertébrés. Pour l'instant, l'usage de cette préparation sur grande surface paraît difficilement justifiable au point de vue économique.

d) *D. N. O. C.*

Nous avons pris comme sujet d'étude une préparation à base du sel ammonique recommandée comme herbicide pour céréales. Elle s'utilise en solution à 0,3 %, la quantité appliquée correspondant à 5 kg de produit à l'hectare, c'est-à-dire à 3,200 kg de matière active à l'hectare.

Différents essais ont été effectués aux moments C et D avec cette solution, les doses appliquées étant de 1, 2, 3 et 5 fois la normale (soit 5-10-15 et 25 kg de produit à l'hectare) (cf. Fig. V).

La dose normale (5 kg) s'est révélée chaque fois insuffisante. La double (10 kg) fournit des résultats nettement supérieurs (70 à 80 %), la triple (15 kg) a assuré environ 85 % d'efficacité tandis que le quintuple (25 kg) a porté ce taux à 97 %. L'efficacité de cette dernière suit donc de près celle de la cyanamide calcique (500 kg).

En présence de forte végétation adventice, l'application de l'herbicide en dose normale sur semis de céréales manifeste donc une action hélicide intéressante mais partielle ; les doses plus fortes ne peuvent être envisagées

dans ces conditions. Ces dernières pourraient être par contre utilisées pour le traitement des mauvaises herbes et peut-être avant le semis, pour autant que leur effet nocif n'entrave pas la levée et la croissance ultérieure de la nouvelle culture. En terre arable non stérilisée cet effet disparaît normalement très rapidement : d'après P. Riepma, cette influence est faible dans l'immédiat pour le Colza et nulle après quatre semaines pour la dose de 25 kg (1).

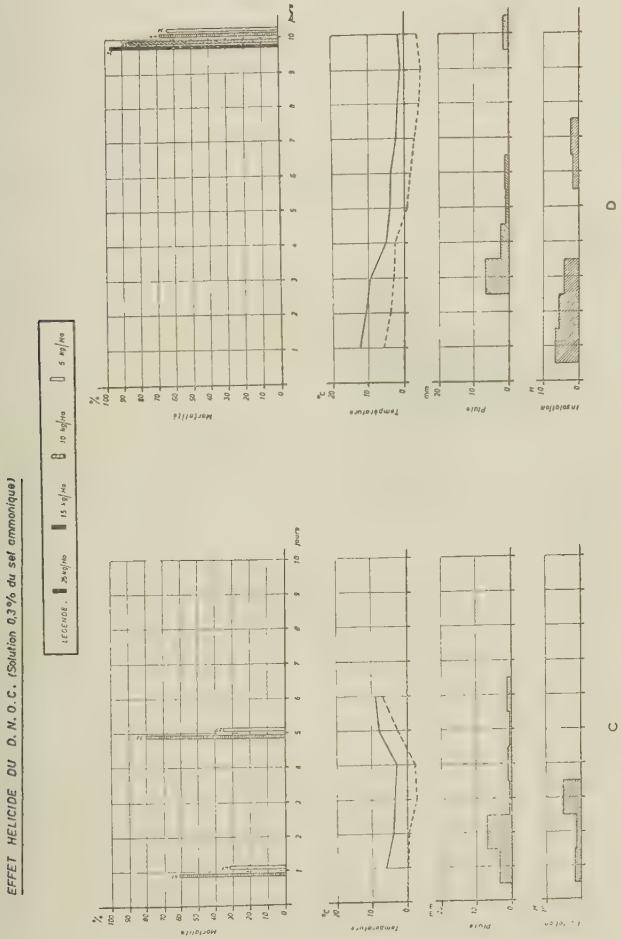


Fig. V

(1) P. Riepma. De werking van DNC via de grond. *VIII*e *Symposium over Phytopharmacie*. Gent, 8 mei 1956, p. 622.

TABLEAU II

	I			II			III			IV			V			VI			Témoins			Totaux			Moyennes	Sommes des carrés nombre de limaces	Carrés des moyennes
	25.IX - 27.IX.56			25.IX - 27.IX.56			25.IX - 28.IX.56			25.IX - 28.IX.56			25.IX. - 2.X.56			25.IX- 2.X.56			25.IX - 2.X.56								
	+	o	Tot.	+	o	Tot.	+	o	Tot.	+	o	Tot.	+	o	Tot.	+	o	Tot.	+	o	Tot.	+	o	Tot.			
1	42	16	58	33	9	42	30	70	100	20	44	64	4	78	82	23	110	133	3	110	113	155	437	592	84,60	56.406	7.157,16
2	65	3	68	30	22	52	11	24	35	29	63	92	7	101	108	35	134	169	3	65	68	180	412	592	84,60	61.866	7.157,16
3	56	5	61	18	7	25	8	20	28	38	30	68	3	70	73	11	115	126	4	100	104	138	347	485	69,28	41.775	4.799,71
4	77	2	79	55	7	62	5	45	50	60	34	94	0	87	87	11	92	103	1	91	92	209	358	567	81,00	48,063	6.561,00
5	55	10	65	35	8	43	12	63	75	33	50	83	15	68	83	15	118	133	3	87	90	168	404	572	81,71	51.266	6.676,52
6	57	3	60	30	10	40	18	16	34	45	42	87	3	67	70	15	87	102	2	98	100	170	323	493	70,42	39,229	4.958,97
7	53	12	65	37	13	50	22	30	52	32	52	84	20	65	85	7	75	82	1	82	83	172	329	501	71,37	37.323	5.122,26
8	50	5	55	24	5	29	5	31	36	35	45	80	9	81	90	12	75	87	3	97	100	138	339	477	68,28	37.231	4.643,05
Totaux	455	56	511	262	81	343	111	299	410	292	360	652	61	617	678	129	806	935	20	730	750	1330	2949	4279	611,32	373.159	47.075,83
Moyennes	63,87			42,87			51,25			81,50			84,75			116,87			93,75			534,86			76,40		
Sommes des carrés	33.025			15.727			25.290			53.934			58.400			115.121			71.662							373.159	
Carrés des moyennes	4.079,37			1.837,83			2.626,56			6.642,25			7.182,56			13.658,59			8.789,06			44.816,22					

Légende.

I : Cyanamide calcique 500 kg/ha (poudrage)
II : « « 300 kg/ha (poudrage)
III : « « 100 kg/ha (poudrage)
IV : Composé chloré 300 kg/ha (poudrage)
V : Composé chloré 100 kg/ha (poudrage)
VI : Granules à base de métaldéhyde 100 kg/ha (épandage).
+ = Morts.
O = Vivants.

e) Comportement de A. reticulatus à l'égard de la cyanamide, des granules au métaldéhyde et du composé chloré.

Les relevés des essais effectués au moment A, qui ont comporté 8 répétitions, se prêtent à la comparaison du nombre de limaces retrouvées dans chaque type de parcelle. Les valeurs constatées sont groupées dans le Tableau II.

L'examen statistique par l'analyse de la variance des données réunies dans le Tableau II montre que les différentes séries d'essais effectués avec un produit déterminé (Cf. Colonnes I, II, etc...) influence de façon significative le nombre de limaces retrouvées. Le classement s'établit dans l'ordre suivant :

		Nombre moyen de limaces par parcelle
1°	Traitements VI (granules métaldéhyde)	116,87
2°	Témoins non traités	93,75
3°	Traitements V (composé chloré)	84,75
	IV	81,50
4°	Traitements I (cyanamide calcique)	63,87
	III	51,25
	II	42,87

Calculs statistiques relatifs au tableau II.

$S^2_A = 8 \times 44.816{,}22 - 56 \times \overline{76{,}40}^{\,2} = 358.529{,}76 - 326.869{,}76 = 31.660{,}00$ (6 degrés de liberté).

$S^2_t = 373.159 - 326.869{,}76 = 46.289{,}24$ (55 degrés de liberté)

$S^2_B = 47.075{,}83 \times 7 - 326.869{,}76 = 2.661{,}05$ (7 degrés de liberté).

$S^2_r = S^2_t - (S^2_A + S^2_B) = 46.289{,}24 - 34.321{,}05 = 11.968{,}19$ (42 degrés de liberté)

$$W_A = \frac{S^2_A}{6} = \frac{31.660{,}00}{6} = 5.276{,}66$$

$$W_B = \frac{S^2_B}{7} = \frac{2.661{,}05}{7} = 380{,}15$$

$$W_r = \frac{S^2_r}{42} = \frac{11.968{,}19}{42} = 284{,}95$$

$$F_A = \frac{W_A}{W_r} = 18{,}5 \qquad (\nu_1 = 6) \quad (\nu_2 = 42)$$

Valeur F de Snedecor (pour $\nu_1 = 6$, $\nu_2 = 30$) = 3,47.
pour le seuil de signification 0,01.

$$F_B = \frac{W_B}{W_r} = 1{,}3 \qquad (\nu_1 = 7) \quad (\nu_2 = 42)$$

Valeur F de Snedecor (pour $\nu_1 = 6$, $\nu_2 = 50$) = 2,29.
pour le seuil de signification 0,05

Ce classement suggère l'existence d'une propriété répulsive chez la cyanamide. Des observations sur champ ont permis d'observer des limaces qui, avant de succomber, s'enfoncent en terre dans les parcelles traitées avec ce produit. La différence des moyennes constatées entre I, III et II peut probablement s'expliquer d'un côté par la brutalité d'effet de la forte dose, tuant l'animal sur place, de l'autre par l'insuffisance de la faible dose dont l'effet répulsif est atténué.

L'application du composé chloré réduit aussi le nombre de limaces retrouvées sur le sol, dans une mesure moindre que la cyanamide. Le produit paraît donc légèrement répulsif.

Par contre les granules au métaldéhyde ont nettement renforcé le nombre de limaces retrouvées en surface. Deux hypothèses se présentent pour expliquer ce fait :

a) L'effet paralysant combiné avec l'absence d'action répulsive entrave le départ normal d'une proportion de la population sans écarter l'arrivée de nouveaux individus,

b) Les granules de métaldéhyde sont doués d'un réel pouvoir attractif.

La répartition uniforme de la population de Mollusques sur le terrain expérimental ressort de la confrontation des nombres totaux de Limaces retrouvées dans chaque bloc (Tableau II, colonne verticale des totaux).

Par contre, le nombre d'individus réunis par parcelle manifeste une variation assez importante (Tableau II, colonne verticale Témoins) résultant de l'étendue insuffisante de la surface, laquelle nous est imposée par les possibilités d'exécution des relevés. Cette hétérogénéité disparaît sous l'effet d'un nombre suffisant de répétitions (7 ou 8 par exemple).

Groupe B. — Réactions d'un nombre connu de A. reticulatus mis en présence d'un sol nu traité avec des substances hélicides.

Les essais ont été effectués sur un terrain nu très exposé, dans des parcelles de un mètre carré délimitées au moyen d'une clôture en treillis métallique. Ce dispositif empêche la fuite des Mollusques mis en observation. Un filet à grandes mailles écarte les Oiseaux.

Chaque parcelle comporte plusieurs abris constitués soit par une feuille de betterave, soit par des pierres. Un nombre connu de limaces est placé sous le refuge central — qui est aussi le plus important — et le traitement est exécuté immédiatement après l'introduction des animaux.

Un nombre connu de nouvelles limaces est parfois ajouté les jours suivants, suivant l'attitude des animaux soumis aux observations. Les cadavres sont enlevés au cours des relevés. Le résultat final comporte la somme des morts relevés au cours des observations et le nombre des individus malades et sains observés lors du dernier examen. Quelques individus n'ont pas été retrouvés.

Les traitements choisis sont :
a) Les granules au métaldéhyde (dose 100 kg/ha).
b) Le composé chloré (400 kg/ha).
c) La cyanamide calcique (500 kg/ha).
Les observations sont effectuées chaque jour entre 8 et 9 h. du matin.
Le tableau III groupe les informations sur ces expériences.

Discussion des effets constatés.

Le résultat final fourni par les granules au métaldéhyde est à l'avantage de cette préparation. Ses effets ont été assez lents à se manifester mais paraissent avoir été influencés favorablement par la journée ensoleillée du 30 juin succédant à une période relativement fraîche. La première mortalité notable a été observée dans une des parcelles le deuxième jour après l'application, caractérisé par le temps *ensoleillé* mais frais du 27. VI, le vent étant d'intensité moyenne (W. S. - N. W. 4. - N. W. 4) et le sol sec. La mortalité généralisée a été déclenchée le cinquième jour (30-VI) par un minimum de température nettement plus relevé (13,7 contre 8,3° C sous abri) — vent du sud d'intensité modérée (S. 2-S. 2-S. 2) et insolation prolongée, la climatologie des deux jours précédents ayant favorisé la circulation nocturne des Limacidae (temps frais, effet de la pluie du 28 juin prolongé par l'absence quasi complète de soleil le lendemain).

L'expérience met en relief l'avantage conféré par le conditionnement sous forme de granules de l'appât au métaldéhyde. Leur bonne conservation sur le terrain maintient leurs propriétés pendant plusieurs jours, ce qui augmente fortement leur chance d'être encore en bon état au moment où les conditions de temps réunies assureront leur pleine efficacité (deuxième et cinquième jour dans le cas étudié). Il est peu probable que le simple dépôt sous abri de petits tas de son additionné de métaldéhyde aurait fourni à ce moment le même résultat en dépit des effets combinés du vent, de la pluie, etc....

Le résultat final fourni par le composé chloré appliqué à forte dose est moins satisfaisant.

Si nous examinons, dans nos notes d'observations journalières, la distribution des limaces mortes et vivantes lors des dénombrements, nous constatons que les individus introduits dans la parcelle traitée au composé chloré se sont déplacés, mais beaucoup moins que ceux se trouvant en présence de granules au métaldéhyde. Plusieurs n'ont pas quitté l'abri central. A partir de la pluie du 28 juin, 4 survivants paraissent pouvoir circuler impunément tandis que 4 autres restent blottis sous le refuge central : l'effet répulsif semble donc encore subsister alors que les propriétés toxiques sont atténuées. Auparavant, tous les *A. reticulatus* qui ont circulé n'ont

TABLEAU III

Dates	Conditions climatiques				Granules métaldéhyde				Composé chloré				Cyanamide			
	Températures		Pluies	Insolation	N	+	o	00	N	+	o	00	N	+	o	00
	M	m	mm	heures												
26/VI	20.4	11.9	0	7.5	**8 (9)**				**9**				**8**			
27/VI	19.2	8.3	0	11.7	**6 (6)**	2 (1)	4 (2)	2 (2)	**6**	0	2	0		0	0	8
28/VI	18.7	10.4	4.4	1.3	**6 (6)**	8 (3)	0 (1)	3 (9)	**1**	3	3	9	**0**	0	0	8
29/VI	15.5	10.7	0.7	2.0	**2 (2)**	0 (1)	1 (0)	8 (11)	**0**	0	3	9	**0**	0	0	8
30/VI	22.3	13.7	0	10.7												
1/VII	21.2	12.9	14.7	1.8												
2/VII					—	9 (15)	0 (0)	1 (0)	—	3	0	9	—	1	0	2
Résultat final					**22 (23)**	19 (20)	0 (0)	1 (0)	**16**	6	0	9	**8**	1	0	2

N = Nombre de *A. reticulatus* introduits dans la parcelle (les chiffres entre parenthèse se rapportent à une répétition)
\+ = morts
o = manifestement intoxiqués
00 = sains

pas succombé. Le produit est livré par le fabricant comme « hélicide de contact ». Il semble bien que l'animal doive être en contact étroit avec de fortes quantités de la préparation fraîche pour qu'elle atteigne sa pleine efficacité : poudrage direct sur le Mollusque ou constitution de « barrages » à franchir pour atteindre les plantes recherchées.

Ces particularités conviennent à l'usage du produit dans les cultures horticoles.

La cyanamide calcique appliquée à forte dose a donné lieu à des observations caractéristiques. L'effet répulsif de ce produit est très accusé : les *A. reticulatus* abrités sous des feuilles maintenues par une pierre n'ont pas quitté leur refuge pendant 3 jours (même après la pluie du deuxième jour), mais ils l'ont presque totalement abandonné entre le 4e et le 7e jour (une seule limace se trouvant encore à ce moment sous l'abri central). Le premier *A. reticulatus* observé hors du refuge a été noté le 29 juin (le lendemain de la pluie) : il se trouvait en bordure de la parcelle et était bien vivant. La distribution des animaux le septième jour s'est présentée comme suit :

5 *A. reticulatus* manquants, dont le sort n'a pas été éclairci ; il n'est pas exclu qu'ils aient fui dans le sol.
1 mort près de la bordure de la parcelle.
1 individu vivant près de la bordure.
1 individu vivant sous l'abri central.

Ceci indique une nette diminution de l'action hélicide de la surface du sol constatée le septième jour après le début de l'expérience. La forte précipitation du sixième jour aura probablement mis fin à toute possibilité d'effet résiduel, lequel devait être déjà réduit en raison de la durée d'exposition à l'air libre, la température étant relativement élevée.

Conclusions.

Les expériences effectuées en présence de végétation montrent la grande efficacité de la cyanamide calcique en application automnale ou hivernale. Quelques limaces résistent sous le couvert de certaines plantes aux feuilles grandes et charnues étalées au sol, tels certains chardons, mais l'action herbicide de l'engrais détruit bientôt l'abri tandis que les pluies entraînent les substances toxiques au fond du refuge.

La couverture végétale normale n'est donc pas un couvert suffisant pour sauver *A. reticulatus*. Toutefois notre deuxième série d'expériences indique que des amas de grosses feuilles abandonnées sur le sol peuvent fournir, dans des limites qui ne sont pas encore définies, un abri suffisant pour permettre la survie des limaces pendant plusieurs jours, peut-être même d'échapper à la mort. Ceci ne peut survenir que dans certains cas particuliers ayant pour

conséquence de fournir à l'animal la possibilité de se dérober à un contact intime avec le poison aussi longtemps que celui-ci subsiste en quantité appréciable sur la surface du sol. Il convient de savoir si cet effet répulsif peut influencer d'une manière substantielle l'efficacité finale d'un traitement exécuté dans les conditions rencontrées normalement en terre cultivée.

On peut noter dès maintenant que l'application de la cyanamide peut être envisagée en deux types de circonstances : *a*) sur les repousses avant le semis ou sur les bas-côtés incultes bordant les champs, *b*) après la levée de la céréale.

La série des expériences du groupe A démontre l'efficacité dans les circonstances *a*) du poudrage effectué à la dose de 300 et de 500 kg/ha. L'application par arrosage n'augmente pas le rendement de façon suffisamment déterminante pour compenser les difficultés opératoires lors des traitements sur grande surface. L'efficacité de l'intervention sur jeune céréale circonstances *b*) a été démontrée antérieurement.

L'effet négatif constaté au cours du groupe d'essais B ne doit pas jouer dans ces cas, car la limace errante trouvera difficilement dans les jeunes emblavures un abri comparable à celui aménagé pour les besoins de l'essai. Il n'en sera pas de même au voisinage des composts et des tas de déchets de cultures, dont le traitement requiert des soins particuliers (déplacement du tas, par exemple).

D'autres expériences, qui feront l'objet d'une note ultérieure, confirment que *A. reticulatus* ne peut se dérober aux effets de l'hélicide correctement utilisé en plein champ.

Il faut que la distribution du produit soit très régulière. La même exigence existe pour l'usage de la cyanamide à titre d'herbicide : il est déjà recommandé d'employer à cette fin des poudreuses et des distributeurs d'engrais pourvus de dispositifs spéciaux.

Les doses de 300 et 500 kg de cyanamide à l'hectare sont, d'après la documentation consultée, admises pour le traitement d'hiver des emblavures de froment et de seigle (1) (2). Ces doses conviennent encore pour les prairies, pour colza d'hiver (300 à 400 kg de décembre à février ; appliqué sans dégât durable le 9 avril sur culture haute de 20 à 25 cm à la dose de 200 kg cyana-

(1) H. Koning. Kalkstikstof als onkruidbestrijdingsmiddel, *Landbouwvoorlichtingsdienst.* Meded. n° 56, 1948. Wageningen. (préconise jusque 450 kg/ha de cyanamide calcique 22 %).

(2) *Remarque* : Des doses de cette importance soulèvent des objections chez certains phytotechniciens qui craignent de retarder la maturation des grains et d'augmenter le danger de verse, tout au moins sur certains types de sol. N'étant pas compétents en cette question, nous suivons la controverse entre spécialistes. L'un d'entre eux s'est déclaré prêt à montrer ses champs d'essais à ses contradicteurs, pour prouver que les fortes doses ne sont pas excessives. Nous espérons que cette démonstration permettra de clore le débat.

mide 22 %, d'après H. Koning), pour les glaïeuls (à la levée, et quand les plantes ont atteint 10 cm de haut), et les iris (les glaïeuls et les iris sont très résistants à la cyanamide, cf. H. Koning). Les oignons sont sensibles immédiatement après la levée mais deviennent assez résistants trois semaines après la sortie des feuilles (supporte 530 kg de cyanamide 18 %, cf. H. Konig).

Les céréales de printemps sont plus sensibles. Les doses recommandées comme herbicides en avril-mai sont de l'ordre de 150 à 250 kg de cyanamide 18 %. Néanmoins H. Koning cite des applications en fin avril-mai, sur plantes hautes de 7 à 10 cm et couvertes de rosée, de doses allant de 250 à 325 kg de cyanamide calcique 22 %.

Notons que la lutte contre les Limaces peut parfaitement se faire par distribution de la cyanamide calcique sur des plantes sèches, ce qui augmente certainement la sécurité pour le végétal mais ce qui réduit l'effet herbicide.

Appliqué au sol, la cyanamide calcique subit une série de transformations sous l'effet de l'humidité et de l'action des micro-organismes, qui la ramènent finalement à l'état de carbonate ammonique. La cyanamide libre (H_2CN_2) constitue une des phases de la transformation : c'est la substance spécialement toxique apportée par l'application de l'engrais. Dans un bon terrain de culture, il suffit de moins de 8 jours pour que la transformation de la cyanamide soit complète si les conditions de milieu sont favorables. Le processus est accéléré par la chaleur conjugée à l'humidité, il est ralenti par le froid et la sécheresse. Ces considérations permettent une meilleure interprétation des faits observés au cours des expériences sur les propriétés hélicides de l'engrais, dont les effets sont spécialement prolongés pendant les périodes froides.

L'application de la cyanamide calcique sur des céréales trop jeunes peut provoquer des dégâts durables à la végétation. Cette phytotoxicité se marque principalement sur le chevelu du système radiculaire jusqu'à 2 cm de profondeur (zone d'infiltration de la cyanamide libre dans le sol). Les plantules dont les organes hypogés s'étendent au-delà de cette couche superficielle supportent le traitement sans manifester de dommage : ce stade est atteint lorsque la céréale possède 4 à 6 feuilles.

L'usage de la cyanamide est à déconseiller dans les cas suivants : a) sur des plantules trop jeunes (de la levée au stade 4 feuilles), b) sur une culture clairsemée (laquelle est sensible à la disparition de la moindre plante mal enracinée), c) sur une culture qui a trop souffert du gel (le système radiculaire étant partiellement détruit). L'application est possible : a) avant le semis, b) après le semis et avant la levée, à condition que les graines soient couvertes de 3 cm de terre, c) à partir du stade 4 feuilles (1).

(1) Note technique communiquée par la Société Belge d'Électrochimie, à Langerbrugge.

La lutte préventive contre les Limaces nous paraît fort intéressante. Les céréales succédant aux légumineuses sont particulièrement sujettes aux dégâts de Limaces, ces végétations denses offrant le milieu abrité, frais et la nourriture abondante favorables au développement de ces populations (1). Celles-ci sont constituées en fin de l'été par une forte proportion d'adultes de *A. reticulatus* aptes à la ponte (maximum de poids : octobre). Le nombre d'individus fréquentant la surface du sol régresse progressivement au cours des mois de septembre, octobre, novembre et décembre, tandis que le maximum d'accouplements s'observe en septembre et octobre, tout en se poursuivant toute l'année lorsque le temps le permet (H. F. Barnes et J. W. Weil, 1945). Comme la durée d'incubation des œufs est fort longue, particulièrement en période froide (18 à 35 jours, pouvant être porté à plusieurs mois en cas de conditions de milieu défavorables), il se constitue ainsi à partir de septembre, à côté de la population décroissante de grosses limaces, une réserve d'œufs qui augmente aussi longtemps que la température le permet, même en plein hiver (cas 1956-1957 : ponte pendant tout l'hiver). Ces pontes donnent lieu à un certain nombre d'éclosions de jeunes individus avant l'hiver, mais la masse d'entr'eux apparaît dès la fin de la mauvaise saison, et spécialement en mai ou juin. Ils peuvent être aptes à la ponte après un peu plus de deux mois (66 jours d'après Bouchard-Chanteraux et E. Frömming 1953) (2) et adultes à 82 jours.

Il y a donc grand avantage à rompre ce cycle et à décimer les adultes avant que les survivants ne dévastent la maigre végétation occupant le champ après la levée. L'application de l'hélicide sur la culture précédente avant qu'elle ne soit culbutée ou déchaumée, ou sur les repousses avant le labour offre le maximum d'avantages tout en évitant les possibilités de dégâts, même pour les cultures sensibles.

Des avantages similaires se retrouvent pour le traitement des herbages en vue de la prévention des dégâts dans les cultures voisines.

Au point de vue cultural, l'application de la cyanamide calcique sur légumineuses soulève malheureusement de graves objections : rupture de l'équilibre azoté et destruction trop accélérée de la matière organique par apport de chaux. Il semble qu'on puisse difficilement dépasser la dose de 200 kg de cyanamide dans ce cas, à appliquer après l'enfouissement de la légumineuse. Or cette dose, un peu faible pour être pleinement efficace, est alors administrée après le moment le plus favorable pour atteindre l'ensemble des animaux.

Ces considérations montrent que le cas du traitement direct des champs

(1) Il n'est pas exclu que l'alimentation à base de légumineuses augmente en outre la capacité de ponte.

(2) E. Frömming, *Biologie der mitteleuropäischen Landgastropoden.* Berlin, 1953. p. 215.

de légumineuses avant de labour mérite d'être encore étudié et qu'il paraît souhaitable d'utiliser d'autres hélicides dans ce cas particulier.

***

Les autres hélicides examinés dans cette note sont intéressants à divers points de vue.

Le D. N. O. C. se prête à l'utilisation en grande culture ; il pourrait peut-être convenir pour le traitement préventif des vieilles cultures de légumineuses avant le semis des céréales, pour autant que ses effets ne nuisent à la bonne utilisation de la matière organique disponible. Il faut compter avec une action hélicide lente. La dose normale d'utilisation comme herbicide paraît cependant insuffisante pour assurer la destruction généralisée des Limacidae : les expériences du groupe A. effectuées dans des conditions extrêmes, montrent l'avantage du renforcement de la dose mais cet accroissement, d'après J. Strijckers, ne serait pas toléré par les cultures de céréales. Il faudrait donc se contenter de la dose usuelle, qui pourrait peut-être se révéler plus effective en culture ouverte que lors des expériences du groupe A, 90 % du liquide appliqué atteignant alors le sol. La possibilité pratique d'augmentation de la quantité de D. N. O. C. en traitement préventif devra être examinée ultérieurement.

Le composé chloré offre le grand avantage de ne pas nuire à la végétation et, d'après les fabricants, d'être inoffensif pour les Vertébrés. La préparation est assez sensible à la pluie mais paraît résister aux effets de la baisse de température. Elle se prête bien à la constitution de barrières de protection et peut rendre des services en culture horticole sur terre dégagée ; elle ne convient pas, par contre, pour être appliquée sur une épaisse couverture végétale. La durée d'efficacité est relativement courte.

Les granules au métaldéhyde sont efficaces en terre dégagée, par temps chaud, sec sans excès et ensoleillé : ils conviennent donc pour le traitement des cultures horticoles en dehors des périodes pluvieuses et froides ; leur emploi n'est pas indiqué dans les milieux à forte humidité persistante.

La présentation de ces appâts sous forme de granules constitue un progrès certain sur les préparations inconsistantes à base de son. La distribution des granules est très commode à réaliser, les grains tombent simplement sur le sol et s'y maintiennent suffisamment longtemps pour assurer un effet prolongé pendant dix à quinze jours si le temps est favorable. La grosse Limace rouge : *Arion rufus* L., commune dans les jardins, est particulièrement sensible à leurs effets. Ces préparations ne conviennent pas pour la destruction des limaces se tenant dans une végétation abondante et serrée.

Le métaldéhyde pourrait être utilisé en grande culture pour détruire *A. reticulatus* avant le labour des légumineuses préludant au semis des céréales. Ce traitement, dont nous n'envisageons par le prix de revient, éviterait un

apport azoté excessif. Son succès dépend toutefois d'un certain nombre de conditions. La végétation ayant été bien éclaircie par la coupe, il faut que le temps soit relativement chaud et sec. L'application du métaldéhyde par pulvérisation paraît la plus rationnelle pour fournir le meilleur résultat car elle supprime tout effet compétitif entre la plante recherchée par l'animal et le pouvoir attractif des granules ou de tout autre appât empoisonné.

Si le métaldéhyde est inoffensif pour la végétation, il offre cependant l'inconvénient d'être toxique pour les Vertébrés. Il ne peut donc être utilisé sans précautions, surtout s'il est employé en suspension dans l'eau (1).

Il importe de ne pas traiter au métaldéhyde des cultures fourragères proches de leur moment d'exploitation, ni de salir avec cette substance des légumes ou des fruits (salades, choux, poireaux, fraises, etc...) : le composé chloré mérite la préférence dans le cas de cultures maraîchères de ce genre.

SUMMARY.

The authors look into the results of two groups of open-air trials conducted with a view to checking up the action of moluscicides on sheltered slugs.

In the first group, the application took place in an uncultivated weed-grown field covered with a thick growth of adventitions plants.

The application of 300 to 500 kg per ha of calcium cyanamide (18 per cent active ingredient) gave very good results ; watering with an aqueous suspension of calcium cyanamide at the rate of 2,5 l. per square meter slightly increased the efficiency of the treatment in comparison with the spreading of the corresponding quantity of powder, although the difference was not significant.

The D. N. O. C. ammonium salt also proved effective, yet, with this stuff, the amounts required were much higher than those allowed when it is used as an herbicide in cereals.

Métaldehyde granules and p- dichloronitrobenzene were not efficacious against slugs sheltered underneath herbacious plants and weeds.

In the second group of trials, the treatment was applied to a determined number of sheltered *Agriolimax reticulatus* Müller (under stone or beetleaf).

The comportment of the slugs was observed during several days following the application of the molluscicide on the cover and on the surrounding uncovered ground. The experiment shows a strong repulsive action of calcium cyanamide : the thoroughly live slugs lurk under cover during several days after the treatment. On the contrary, metaldehyde granules are more convenient : the slugs move about freely and perish after unsuspectingly feeding on the poisonous baits.

The action of p. dichloro-nitrobenzene holds an intermediate position.

The observations recordet with these two groups of trials suggest various deductions which afford satisfactory guidance for the selection of the type of moluscicide best suited to the ground cover and to the plants which are to be spared.

(1) R. Moens et W. E. van den Bruel. Proeven op Bestrijding van Slakken (*Agriolimax reticulatus* Müller). *VIII Symposium over Phytopharmacie.* Gent, 1956, p. 402-43.

STATION DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE AGRICOLES

Observations météorologiques de l'année 1957 (*)

(Poste climatologique de Gembloux)

par G. Demortier

Les relevés de 1957 sont présentés sous forme de tableaux afin de fournir le maximum de renseignements sur le minimum de pages. Dans le but de diminuer le volume de cet article, il n'est fait aucun commentaire ni dressé aucun graphique.

Nous signalons que l'ordre de succession des facteurs météorologiques dans les tableaux des pages suivantes n'est pas logique : cet ordre a été établi afin de permettre à l'éditeur d'imprimer les différents tableaux sur deux pages en regard et d'éviter des espaces laissés en blanc.

Les observations météorologiques sont les suivantes :

1er tableau : a) la radiation solaire — b) l'eau ;

2me tableau : la température : a) sous abri — b) sur le sol ;

3me tableau : la température dans le sol ;

4me tableau : les valeurs extrêmes ou caractéristiques.

Pour chacun des facteurs examinés sont donnés les totaux :

— par décades ;

— par mois ;

— par saisons et pour l'année.

Les séries d'observations journalières ont été exécutées aux heures suivantes :

I : 7 heures (G. M. T)

II : 13 heures (G. M. T.)

II : 18 heures (G. M. T.)

par MM. Bauvin R. et Glibert L., préparateurs-techniciens.

A la fin de cet article, se trouvent quelques renseignements phénologiques se rapportant à la région de Gembloux, pour l'année 1957. (Observations effectuées par M. Glibert L.).

(*) Déposé à la rédaction le 31 mars 1958.

1956-1957 Mois et Saisons		RADIATION SOLAIRE						L'EAU							
			Heures d'insolation					Précipitations				Évaporation Piche (cm³)	Humidité relative		
		Calories gr/cm² min totalisées	Heures possibles	Gembloux Obs.	Gembloux %	Uccle Obs.	Uccle %	Haut. obs. (mm)	Moyen. normal. (mm)	Nomb. de Jours	Jours de neige		I	II	III	Moyen.
Décemb. 1956	1-10	207.8	81	0.0	0.0	14	17,3	8.5	—	9	0	—	96.6	92.7	92.4	93.9
	11-20	182.1	79	23.7	30.0	13	16.4	23.7	—	8	0	-	86.7	78.2	85.0	83.3
	21-31	381.9	87	10.2	11.7	15	17.2	6.2	—	6	2	-	90.9	85.4	89.4	88.6
	Mois	1071.8	247	33.9	13.9	42	17.0	38.4	80.0	23	2	—	91.4	85.4	88.9	88.6
Janvier 1957	1-10	359.4	81	7.1	8.8	16	19.7	23.8	—	9	1	—	94.4	91.1	92.4	92.6
	11-20	509.8	84	11.7	13.9	17	20.2	17.7	—	6	4	—	92.3	86.3	89.0	89.2
	21-31	922.3	98	42.1	42.9	20	20.4	11.9	—	8	1		88.4	74.1	83.1	81.9
	Mois	1791.5	263	60.9	21.9	53	20.2	53.4	64.0	23	6	- -	91.6	83.5	88.0	87.7
Février	1-10	728.9	94	15.2	16.2	27	27.7	39.3	—	8	0	-	98.2	80.7	82.9	84.3
	11-20	753.8	100	18.6	18.6	29	29.9	62.2	—	9	3	—	93.8	79.1	86.6	85.5
	21-28	1190.6	85	27.7	32.6	25	29.4	34.2	—	4	0	-	92.6	69.1	84.4	82.0
	Mois	2673.3	279	61.5	22.5	81	29.0	135.7	51.0	21	3	-	91.8	76.8	84.6	84.4
Hiver		5536.6	789	156.3	19.4	176	22.3	227.5	195.0	67	11	- -	91.6	81.9	87.2	86.9
Mars	1-10	2102.3	112	52.7	47.0	37	32.7	14.5	—	4	0	15.8	80.9	56.0	86.0	74.3
	11-20	1829.3	118	43.4	36.8	39	32.9	10.4	—	5	0	40.8	83.4	64.1	79.2	75.6
	21-31	2049.7	137	42.2	30.8	45	33.2	12.7	—	7	0	26.3	88.6	72.5	83.4	81.5
	Mois	5981.3	366	138.3	38.2	121	33.0	37.6	55.0	16	0	82.9	84.4	64.5	82.9	77.3
Avril	1-10	3035.3	131	58.1	44.3	51	38.9	0.5	—	1	0	25.4	93.4	59.3	67.5	73.4
	11-20	3179.8	137	60.1	43.9	53	39.0	4.7	—	6	4	26.8	87.5	63.0	71.1	73.9
	21-30	3236.6	144	55.1	38.3	56	39.2	26.1	—	3	0	32.7	79.9	63.2	68.6	70.6
	Mois	9451.7	412	173.3	42.2	161	39.0	31.3	61.0	10	4	84.9	86.9	61.8	69.1	72.6
Mai	1-10	3669.5	149	65.5	43.9	67	45.0	16.6	—	5	2	27.1	79.3	64.4	74.2	72.6
	11-20	3698.2	154	72.8	47.3	69	44.8	16.5	—	7	0	44.3	83.1	57.2	67.0	69.1
	21-31	5651.6	175	102.7	58.7	81	46.2	5.3	—	2	0	44.1	79.0	50.8	62.4	64.1
	Mois	13019.3	478	241.0	50.4	217	45.3	38.4	63.0	14	2	115.5	80.4	57.2	67.7	68.5
Printemps		28452.3	1256	552.6	43.6	499	39.7	107.3	179.0	40	6	283.3	83.9	61.2	73.2	72.8
Semestre		33988.9	2045	708.9	31.5	675	31.0	334.8	374.0	107	17	—	87.7	71.5	80.2	79.8

Juin	1-10	4569.0	162	86.9	53.6	66	40.7	23.2	—	6	0	47.4	78.6	49.6	62.0	63.4
	11-20	5358.7	164	109.2	66.6	66	40.2	13.6	—	3	0	57.9	73.6	47.1	62.8	61.2
	21-30	4429.2	165	83.2	50.4	68	41.2	34.9	—	4	0	41.1	78.7	59.8	58.4	65.6
	Mois	14356.9	491	279.3	56.9	200	40.7	71.7	67.0	13	0	146.0	77.0	52.2	61.1	63.4
Juillet	1-10	4936.1	162	101.6	62.7	67	41.8	8.7	—	2	0	63.0	76.7	54.4	65.2	65.4
	11-20	3219.1	160	51.0	31.9	67	41.5	32.0	—	8	0	35.9	87.6	68.7	85.1	80.5
	21-31	2485.7	171	46.1	26.9	71	41.5	44.7	—	9	0	27.9	91.0	79.2	79.4	83.2
	Mois	10640.9	493	198.7	40.5	205	41.6	85.4	81.0	19	0	126.8	85.3	67.8	76.6	76.6
Août	1-10	3590.3	151	79.5	52.6	68	45.0	53.1	—	6	0	35.2	88.1	63.0	73.0	74.7
	11-20	2164.9	145	50.0	34.5	65	44.8	42.0	—	9	0	36.2	87.5	72.8	80.2	80.2
	21-31	2991.5	153	58.6	38.3	68	44.4	18.3	—	7	0	37.1	88.0	60.7	72.3	73.7
	Mois	8746.7	449	188.1	41.8	201	44.7	113.4	77.0	22	0	108.5	87.9	65.3	75.1	76.1
Été		33744.5	1433	666.1	46.4	606	42.2	270.5	225.0	54	0	381.7	83.4	61.8	70.9	72.0
Septem.	1-10	2384.4	131	39.9	30.4	56	42.7	32.2	—	8	0	25.9	93.1	66.2	83.4	80.9
	11-20	1748.6	126	40.2	31.9	54	42.8	34.9	—	8	0	28.0	91.4	68.9	87.6	82.6
	21-30	1276.7	121	23.5	19.4	52	42.9	54.1	—	9	0	17.4	93.9	80.5	85.9	86.8
	Mois	5409.7	378	103.6	27.2	162	42.8	121.2	66.0	25	0	71.3	92.8	71.9	85.6	83.4
Octobr.	1-10	1785.2	114	42.1	36.9	38	33.6	1.4	—	8	0	11.0	96.7	75.5	92.4	88.2
	11-20	1407.0	107	35.2	32.9	36	33.6	18.4	—	9	0	18.9	94.1	78.7	90.8	87.9
	21-31	931.1	111	8.9	8.0	39	33.7	17.8	—	5	0	26.7	89.2	77.7	87.2	84.7
	Mois	4123.3	332	86.2	26.0	113	33.6	37.6	78.0	22	0	56.6	93.2	77.3	90.0	86.8
Novemb.	1-10	816.4	95	19.0	20.0	21	23.1	22.4	—	9	0	31.6	85.6	75.7	88.0	83.1
	11-20	439.4	89	7.0	7.9	20	23.6	4.6	—	6	0	7.3	90.9	85.2	92.6	89.6
	21-30	415.9	85	10.0	11.8	19	23.5	9.3	—	5	1	8.5	93.8	86.2	92.5	90.8
	Mois	1671.7	269	36.0	13.4	62	23.4	36.3	73.0	20	1	47.4	90.1	82.4	91.0	87.8
Automne		11204.7	979	225.8	22.2	337	34.5	195.1	217.0	67	1	175.3	92.0	77.2	88.9	86.0
Semestre		44949.2	2412	891.9	34.3	943	37.0	465.6	442.0	121	1	557.0	87.7	69.5	79.9	79.0
Année		78938.1	4457	1600.8	32.9	1618	34.0	804.0	816.0	228	18	Incomp	87.7	70.5	81.5	79.4

LA TEMPÉRATURE

1956-1957 Mois et Saisons		SOUS-ABRI									SUR LE SOL					
		Maxima = M		Minima = m		M+m / 2	M—m	T° à l'Heure G. M.T.			nu			azonné		
		Obs.	Moy.	Obs	Moy.			7 H. I	13 H. II	18 H. III	M.	m.	M-m	M.	m.	M-m
Décemb. 1956	1-10	7.6	—	4.2	—	5.9	3.4	6.0	7.4	7.1	8.0	4.1	3.9	9.3	3.3	6.0
	11-20	10.3	—	5.8	—	8.0	4.5	7.2	9.5	8.4	10.0	4.5	5.5	10.3	3.0	7.3
	21-31	3.7	—	—0.8	—	1.4	4.5	0.9	2.5	1.7	3.9	—1.9	5.8	5.6	—3.6	10.2
	Mois	7.1	5.8	2.9	0.4	5.0	4.2	4.6	6.3	5.6	7.3	2.2	5.2	8.4	0.7	7.7
Janvier 1957	1-10	8.2	—	2.9	—	5.5	5.3	4.9	6.9	5.9	8.1	1.7	6.4	9.5	1.3	8.2
	11-20	1.7	—	—3.1	—	—0.7	4.8	—1.1	0.5	—0.3	2.8	—3.2	6.0	4.4	—4.5	8.9
	21-31	5.6	—	—0.2	—	2.7	5.8	1.9	5.6	4.1	6.0	—2.4	8.4	7.5	—3.7	11.3
	Mois	5.2	5.1	—0.1	—0.3	2.5	5.3	1.9	4.4	3.3	5.6	—1.6	7.2	7.2	—2.4	9.6
Février	1-10	10.9	—	5.6	—	8.2	5.3	7.6	9.8	9.1	11.6	4.2	7.4	13.0	3.3	9.7
	11-20	7.1	—	1.9	—	4.5	5.2	3.6	5.6	4.2	9.7	1.0	8.7	11.9	0.0	11.9
	21-28	7.0	—	0.1	—	3.4	7.1	2.4	6.3	5.4	9.6	—0.3	9.9	12.0	—2.3	14.3
	Mois	8.4	5.9	2.6	—0.4	5.5	5.8	4.7	7.3	6.3	10.3	1.6	8.7	12.3	0.5	11.8
Hiver		6.9	5.6	1.8	—0.1	4.3	5.1	3.7	6.0	5.1	7.7	0.7	7.0	9.3	—0.4	9.7
Mars	1-10	13.1	—	2.7	—	5.2	10.4	5.1	12.9	9.6	16.7	1.7	15.0	22.5	—1.8	2 4.3
	11-20	14.3	—	7.8	—	11.0	6.5	9.1	13.8	11.	16.6	6.8	9.8	22.1	6.0	16.1
	21-31	12.3	—	3.9	—	8.1	8.4	6.7	10.8	9.5	16.2	3.9	12.3	21.4	0.7	20.7
	Mois	13.2	9.3	4.8	1.4	9.0	8.4	6.9	12.4	10.2	16.5	4.1	12.4	22.0	1.7	20.3
Avril	1-10	12.7	—	1.7	—	7.2	11.0	3.9	11.2	10.2	18.7	2.8	15.9	27.6	—2.1	29.7
	11-20	11.0	—	1.6	—	6.3	9.4	4.7	9.7	9.0	19.0	2.0	17.0	29.3	—1.7	31.0
	21-30	15.7	—	4.8	—	10.2	10.9	8.6	14.2	12.9	23.3	5.7	17.6	31.0	2.5	28.5
	Mois	13.1	12.6	2.7	3.5	7.9	10.4	5.8	11.7	10.7	20.3	3.5	16.8	29.3	—0.4	29.7
Mai	1-10	10.8	—	2.2	—	6.5	8.6	6.0	10.0	8.7	20.2	2.6	17.6	30.0	1.0	29.0
	11-20	17.8	—	8.5	—	13.1	9.3	11.3	16.2	15.1	25.9	8.6	17.3	35.1	6.1	29.0
	21-31	15.3	—	4.7	—	10.0	10.6	8.8	14.5	13.4	26.1	6.0	20.1	33.0	2.6	30.4
	Mois	14.6	18.3	5.1	7.2	9.8	9.5	8.7	13.6	12.4	24.1	5.7	18.4	32.7	3.2	29.5
Printemps		13.6	13.4	5.1	4.0	9.3	8.5	7.1	12.6	11.1	20.3	4.4	15.9	28.0	1.5	26.5
Semestre		10.2	9.6	3.4	1.8	9.9	6.8	5.4	9.3	8.1	14.0	2.5	11.5	18.6	0.5	18.1

Juin	1-10	20.5	—	9.3	—	14.9	11.2	13.7	19.5	16.8	31.8	10.2	21.6	37.3	6.6	30.7
	11-20	23.8	—	11.3	—	17.5	19.3	16.4	22.8	20.6	34.2	13.4	20.8	39.1	9.6	29.5
	21-30	20.5	—	10.3	—	15.4	10.2	15.0	20.2	20.1	30.2	11.1	19.1	36.8	8.2	28.6
	Mois	21.6	20.7	10.3	9.9	15.9	11.3	15.0	20.8	19.2	31.1	11.6	20.5	37.7	8.2	29.5
Juillet	1-10	29.7	—	16.3	—	23.0	13.4	20.7	26.6	24.8	42.7	17.1	25.6	44.7	12.9	31.8
	11-20	19.8	—	12.2	—	16.0	7.6	14.9	18.2	16.0	30.3	12.6	17.7	38.2	9.1	29.1
	21-31	19.1	—	12.3	—	15.7	6.8	14.7	17.3	16.9	25.6	13.7	11.9	32.1	11.3	20.8
	Mois	22.7	22.5	13.5	11.6	18.1	9.2	16.7	20.6	19.2	32.9	14.5	18.4	38.3	11.1	27.2
Août	1-10	23.4	—	12.5	—	17.9	10.9	16.1	22.1	20.6	34.1	12.4	21.7	37.1	8.7	28.4
	11-20	18.4	—	11.7	—	15.0	6.7	14.0	17.1	16.0	24.6	12.1	12.5	30.5	10.9	19.6
	21-31	17.6	—	9.1	—	13.3	8.5	12.0	16.8	15.3	23.7	9.6	14.1	30.6	7.4	23.2
	Mois	19.7	21.9	11.1	11.5	15.4	8.6	14.0	18.6	17.2	27.5	11.4	16.1	32.7	8.9	23.8
Été		21.3	21.7	11.6	11.0	16.0	9.7	15.2	20.0	18.5	30.8	12.5	28.3	36.2	9.4	26.8
Septem.	1-10	18.0	—	10.1	—	14.0	7.9	12.8	17.6	15.3	24.1	10.9	13.2	29.6	8.9	20.7
	11-20	15.6	—	8.7	—	12.1	6.9	10.6	15.3	13.3	20.0	8.5	11.5	28.5	7.2	21.3
	21-30	16.5	—	9.3	—	12.9	7.2	11.5	14.4	12.9	19.9	10.9	9.0	25.2	8.0	17.2
	Mois	16.7	19.3	9.3	8.9	13.0	7.4	11.6	15.8	13.8	21.3	10.1	11.2	27.8	8.0	19.8
Octobr.	1-10	13.2	—	4.3	—	8.7	8.9	7.1	13.6	10.6	18.7	4.8	13.9	23.8	1.5	22.3
	11-20	16.1	—	6.6	—	11.3	9.5	9.7	14.7	12.2	19.9	7.5	12.4	23.9	5.0	18.9
	21-31	12.2	—	6.9	—	4.5	5.3	8.9	11.8	10.7	14.7	6.1	8.6	16.7	5.6	11.1
	Mois	13.8	14.1	6.0	6.1	9.9	7.8	8.6	13.3	11.1	17.8	6.1	11.7	21.5	4.1	17.4
Novemb.	1-10	10.9	—	5.4	—	8.1	5.5	7.5	9.7	8.1	11.7	4.6	7.1	13.8	4.2	9.6
	11-20	7.8	—	2.7	—	5.2	5.1	4.8	7.0	5.9	8.8	3.0	5.8	10.9	1.5	9.4
	21-30	5.3	—	0.9	—	3.1	4.4	2.8	4.9	3.9	5.7	1.1	4.6	8.2	0.9	7.3
	Mois	8.0	8.2	3.0	1.8	5.5	5.0	5.1	7.2	6.0	8.7	2.9	5.8	11.0	2.2	8.8
Automne		12.8	13.9	6.1	5.6	9.4	6.7	8.4	12.1	10.3	15.9	6.4	9.5	20.1	4.8	15.3
Semestre		17.0	17.8	8.8	8.3	12.9	8.2	11.8	16.0	14.4	23.3	9.4	13.9	28.1	7.1	21.0
Année		13.6	13.6	6.1	5.2	9.8	7.5	6.8	12.6	11.2	18.6	5.9	12.7	23.3	3.8	19.5

TEMPÉRATURES DANS LE SOL OBSERVÉES AUX TROIS HEURES G.M.T. (7H.; 13H.; 18H.)

Mois et Saisons		A 5 cm.			A 10 cm.			A 20 cm.			A 30 cm.			A 50 cm.			A 100 cm.		
		7 H.	13 H.	18 H.	7 H.	13 H.	18 H.	7 H.	13 H.	18 H.	7 H.	13 H.	18 H.	7 H.	13 H.	18 H.	7 H.	13 H.	18 H.
Décembre 1956	1-10	6.1	7.2	6.8	6.1	7.0	6.7	5.8	6.9	6.4	6.0	6.2	6.3	6.0	6.1	6.1	6.9	7.0	7.0
	11-20	6.4	9.6	7.2	6.3	9.2	7.1	6.1	8.7	6.8	7.2	7.2	7.4	7.5	7.5	7.5	7.9	7.9	7.9
	21-31	1.4	3.4	2.0	1.1	3.0	1.7	0.9	2.8	1.6	3.0	3.1	3.2	4.9	4.8	4.7	6.9	6.9	6.9
	Mois	4.5	6.6	5.2	4.4	6.5	5.0	4.1	6.0	4.8	5.3	5.1	5.5	6.1	6.1	6.1	7.2	7.3	7.3
Janvier 1957	1-10	4.6	6.9	5.3	4.3	6.3	5.2	4.2	6.0	5.0	5.0	5.1	5.4	5.4	5.3	5.4	6.2	6.3	6.3
	11-20	0.1	2.0	0.8	−0.1	1.5	0.4	−0.4	1.4	0.2	2.0	2.1	2.2	3.9	3.7	3.8	5.7	5.8	5.8
	21-31	1.0	5.1	2.8	0.5	0.4	2.3	0.4	1.3	2. 2	1.1	2.2	1.0	2.4	2.5	2.5	4.3	4.1	4.4
	Mois	1.9	4.7	2.9	1.5	4.1	2.6	1.4	3.9	2.5	2.8	3.1	3.1	3.8	3.8	3.9	5.4	5.4	5.4
Février	1-10	6.6	10.6	7.8	6.4	9.5	7.7	6.1	9.8	7.3	6.4	6.7	7.1	5.8	5.9	5.9	5.8	5.8	5.7
	11-20	3.6	6.2	4.0	3.3	5.9	4.0	3.1	5.7	3.5	4.7	4.9	5.2	5.5	5.5	5.4	6.2	6.2	6.1
	21-28	2.9	8.0	5.4	2.7	7.7	5.1	2.3	7.5	4.8	4.3	6.3	4.7	4.8	4.7	4.8	5.3	5.5	5.6
	Mois	4.5	8.3	5.8	4.2	7.9	5.6	4.0	7.7	5.2	5.2	6.0	5.7	5.4	5.4	5.4	5.8	5.8	5.8
Hiver		3.6	6.5	4.6	3.4	6.1	4.4	3.2	5.9	4.2	4.4	4.8	4.8	5.1	5.1	5.1	6.1	6.1	6.1
Mars	1-10	4.7	14.7	8.1	4.3	13.4	8.3	4.1	13.3	7.8	5.8	7.1	7.3	6.1	6.1	6.1	6.0	6.1	6.1
	11-20	8.7	16.1	11.2	8.4	15.0	11.3	8.1	15.1	10.7	9.2	9.8	10.1	8.9	8.8	8.9	7.8	7.8	7.8
	21-31	7.0	13.2	10.0	6.7	11.6	10.4	6.7	10.9	10.0	8.4	9.0	9.7	9.1	8.8	9.6	8.5	8.5	8.5
	Mois	6.8	14.6	9.8	6.5	13.3	10.0	6.3	13.0	9.5	7.8	8.6	9.2	8.0	7.9	8.3	7.5	7.5	7.5
Avril	1-10	6.4	16.0	12.2	6.8	12.0	12.3	7.0	10.3	11.5	8.5	9.2	10.6	9.3	9.1	9.2	8.8	8.8	8.8
	11-20	6.5	13.1	11.3	6.1	11.8	11.7	6.3	9.9	11.1	7.8	8.8	10.9	8.7	8.6	8.5	8.6	8.6	8.5
	21-30	10.3	18.2	14.8	10.1	14.8	15.1	10.1	13.3	14.2	10.9	11.7	12.9	11.0	10.8	11.1	9.6	9.8	9.8
	Mois	7.7	16.4	12.8	7.7	12.9	13.0	7.8	11.1	12.3	9.1	9.9	11.2	9.7	9.5	9.6	9.0	9.0	9.0
Mai	1-10	8.2	15.8	11.9	7.2	12.6	12.9	7.5	11.3	12.4	9.1	10.2	11.8	10.5	10.2	10.5	10.2	10.2	10.1
	11-20	12.5	19.6	16.7	12.0	17.3	17.4	11.9	15.9	16.9	13.1	14.3	15.5	12.8	12.7	12.9	10.9	11.0	11.2
	21-31	12.1	21.7	16.1	11.3	18.3	17.5	11.3	16.6	17.2	12.9	14.1	15.2	13.5	13.3	13.1	12.0	12.1	12.0
	Mois	11.0	19.1	15.1	10.2	16.2	16.0	10.3	14.7	15.5	11.8	13.0	14.2	12.3	12.1	12.3	11.1	11.1	11.2
Printemps		8.5	16.7	12.6	8.1	14.1	13.0	8.1	12.9	12.4	9.6	10.5	11.5	10.0	9.8	10.1	9.2	9.2	9.2
Semestre		6.0	11.6	8.6	5.7	10.1	8.7	5.6	9.4	8.3	7.0	7.6	8.1	7.5	7.4	7.6	7.6	7.6	7.6

Juin	1-10	15.8	26.2	20.8	15.1	22.0	21.5	14.9	20.5	20.6	16.1	17.8	18.0	16.2	14.6	16.1	13.6	13.6	13.8
	11-20	19.1	29.6	23.6	17.4	25.4	24.2	17.2	23.2	23.8	18.0	17.5	20.6	18.1	17.8	17.9	14.9	15.0	14.9
	21-30	16.2	26.7	22.4	16.3	22.5	22.7	16.1	20.9	21.8	17.4	19.2	19.9	17.9	17.7	17.9	16.0	16.0	16.1
	Mois	17.0	27.5	22.3	16.3	23.3	22.8	16.1	21.5	22.0	17.2	18.2	19.5	17.4	16.7	17.3	14.8	14.9	14.9
Juillet	1-10	23.4	35.2	28.6	22.5	30.2	28.0	22.5	27.6	28.0	22.5	26.3	25.5	23.1	22.8	22.7	18.4	18.4	18.5
	11-20	17.1	23.3	19.2	16.9	21.2	20.6	16.9	20.2	20.4	18.2	19.2	19.8	19.5	19.3	19.3	18.3	18.2	18.3
	21-31	15.7	20.1	18.2	15.7	19.3	19.1	15.7	18.5	18.9	16.8	17.9	18.5	17.6	17.4	17.5	16.9	16.9	16.9
	Mois	18.6	26.0	21.9	18.3	23.4	22.4	18.2	22.0	22.3	19.1	21.0	21.2	20.0	19.8	19.7	17.8	17.8	17.8
Août	1-10	17.6	28.3	23.4	17.3	23.9	23.7	27.3	21.8	23.1	19.0	20.0	21.2	19.3	19.2	19.1	17.2	17.3	17.4
	11-20	15.3	19.9	17.2	15.0	18.5	18.1	15.0	17.5	17.8	16.4	17.1	17.7	17.4	17.2	17.2	17.1	17.1	17.0
	21-31	13.0	19.7	16.2	13.2	18.7	17.2	13.3	16.4	17.0	14.8	15.8	16.9	16.0	15.9	15.9	15.9	15.9	16.0
	Mois	15.2	22.5	18.8	15.1	20.0	19.6	15.2	18.5	19.2	16.7	17.5	18.6	17.5	17.4	17.4	16.7	16.7	16.8
Été		16.9	25.3	21.0	16.6	22.2	21.6	16.5	20.7	21.2	17.7	18.9	19.8	18.3	18.0	18.1	16.4	16.4	16.4
Septem.	1-10	14.0	20.8	15.9	14.0	18.5	17.3	14.0	17.0	17.0	15.2	16.2	16.8	15.9	15.8	15.7	15.4	15.4	15.4
	11-20	11.2	17.2	13.9	11.5	15.0	14.7	11.5	13.9	14.3	13.0	13.6	14.4	14.3	14.2	14.2	14.8	14.8	14.8
	21-30	12.1	16.3	13.4	12.6	15.2	14.6	12.6	14.3	14.6	13.7	14.1	14.7	14.6	14.3	14.4	14.4	14.5	14.3
	Mois	12.4	18.1	14.4	12.7	16.2	15.5	12.7	15.0	15.3	14.0	14.6	15.3	14.9	14.7	14.8	14.9	14.9	14.9
Octobr.	1-10	8.1	16.9	11.1	8.8	13.3	12.6	9.1	12.3	12.4	10.5	11.4	12.4	12.1	11.9	12.0	13.1	13.1	13.1
	11-20	10.3	16.2	12.0	10.8	14.6	13.2	10.9	13.4	13.1	12.0	12.8	13.2	12.8	12.7	12.6	12.9	13.0	13.0
	21-31	8.6	12.8	10.2	9.0	11.4	10.5	8.9	10.5	10.2	10.1	10.5	10.6	11.1	11.0	11.0	12.1	12.1	12.0
	Mois	9.0	15.4	11.0	9.5	13.1	12.0	9.6	12.0	11.8	10.8	11.5	12.0	12.0	11.9	11.8	12.7	12.7	12.7
Novemb.	1-10	7.0	10.1	7.8	7.6	9.7	8.5	7.7	9.1	9.4	8.8	9.2	9.3	10.1	10.0	10.1	11.3	11.3	11.3
	11-20	5.1	8.3	6.4	5.8	7.8	7.0	5.9	7.3	6.9	7.0	7.4	7.3	8.5	8.4	8.3	10.1	10.1	10.1
	21-30	3.3	5.3	4.2	3.8	4.8	4.6	3.9	4.7	4.8	4.9	5.6	5.3	6.4	6.3	6.4	8.4	8.5	8.3
	Mois	5.2	7.9	6.1	5.7	7.4	6.7	5.8	7.0	7.0	6.9	7.4	7.3	8.3	8.3	8.3	9.9	10.0	9.9
Automne		8.9	13.8	10.5	9.3	12.2	11.4	9.4	11.3	11.4	10.6	11.2	11.5	11.7	11.6	11.6	12.5	12.5	12.5
Semestre		12.9	19.5	15.7	12.9	17.2	16.5	12.9	16.0	16.3	14.1	15.0	15.6	15.0	14.8	14.8	14.4	14.4	14.1
Année		9.4	15.5	12.1	9.3	13.6	12.6	9.2	12.7	12.3	10.5	11.3	11.8	11.2	11.1	11.2	11.0	11.0	11.0

VALEURS EXTRÊMES ET CARACTÉRISTIQUES

DÉSIGNATIONS	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.
PRÉCIPITATIONS												
Maximum absolu de l'année	6.7	13.0	16.4	7.3	23.8	5.7	27.7	18.0	24.5	15.0	7.5	9.1
Hauteur d'eau recueillie	38.4	53.4	135.7	37.5	31.3	38.4	71.7	85.4	113.4	121.2	37.6	36.3
Hauteur moyenne normale	80.0	64.0	51.0	55.0	61.0	63.0	67.0	81.0	77.0	66.0	78.0	71.0
Jours de précip. normaux	18.8	17.0	14.6	15.6	14.9	13.8	13.7	15.0	15.3	14.	16.7	16.7
Jours de précip. observés	23	23	21	16	10	14	13	19	22	25	22	20
Jours de neige	2	6	4	0	4	4	0	0	0	0	0	1
TEMPÉRATURES (*sous-abri*)												
Maxima mensuels moyens	*8.7*	*8.5*	*8.6*	*13.5*	*17.1*	*21.1*	*23.7*	*24.8*	*26.6*	*24.0*	*17.1*	*10.9*
les plus élevés	1954	1947	1950	1948	1949	1948	1947	1947	1947	1947	1949	1947
Minima mensuels moyens	*−5.5*	*−5.4*	*−13.6*	*−2.9*	*1.7*	*5.1*	*8.6*	*10.7*	*9.8*	*9.3*	*3.0*	*1.2*
les plus bas	1890	1947	1956	1945	1956	1957	1946	1950	1956	1957	1951	1956
Maximum absolu (période	*17.0*	*15.4*	*19.2*	*24.0*	*28.5*	*34.6*	*38.1*	*36.7*	*36.8*	*33.0*	*27.2*	*20.3*
de 1890-1957)	1953	1948	1899	1892	1949	1922	1947	1957	1911	1947	1921	1927
Minimum absolu (période	*−21.5*	*−22.2*	*−21.5*	*−12.0*	*−6.8*	*−3.3*	*0.0*	*2.4*	*2.8*	*−1.0*	*−6.0*	*−16.0*
de 1890-1957)	1950	1940	1956	1955	1924	1942	1902	1921	1956	1907	1922	1935
Maximum absolu de l'année	12.7	12.4	13.9	18.9	21.4	21.4	31.6	36.7	27.4	24.1	19.1	13.8
Minimum absolu de l'année	−4.7	−7.3	−3.5	−1.6	−1.6	−0.7	4.9	9.4	5.7	3.7	2.2	−1.6
Jours de gelée observés	8	10	7	6	5	3	0	0	0	0	0	7
Jours d'hiver en 1956-1957	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(*sur sol gazonné*)												
Maximum absolu de l'année	12.0	13.0	17.4	30.8	38.0	32.0	46.2	48.5	44.0	36.5	29.0	16.2
Minimum absolu de l'année	−9.2	−10.5	−10.0	−8.6	−7.1	−5.5	0.4	5.5	0.0	0.0	−1.8	−2.5
Jours de gelée observés	13	25	10	12	20	12	0	0	1	1	4	10
Jours d'hiver en 1956-1957	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(*sur sol nu*)												
Maximum absolu le plus élevé	13.1	12.5	14.7	25.3	28.2	32.0	45.2	46.6	42.5	31.5	24.4	157
Minimum absolu le plus bas	−5.7	−6.8	−3.8	−2.6	−1.5	−0.7	5.6	9.4	3.5	3.3	1.8	−1.0
Jours de gelée observés	10	24	9	6	5	1	0	0	0	0	0	7
Jours d'hiver en 1956-57	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ANNÉE 1957

PHENOLOGIE-GEMBLOUX

Dates de floraisons	Nom des plantes
12.I	Daphne mezereum
3.II	Corylus avellana
10.II	Bellis perennis
10.II	Primula veris
13.II	Tussilago farfara (-qq. plantes)
18.11	Galanthus nivalis
20.II	Crocus aureus
1.III	Cornus mas
2.III	Tussilago farfara
7.III	Salix caprea
7.III	Narcissus pseudonarcissus
8.III	Ribes sanguineum
12.III	Forsythia vulgaris
13.III	Prunus laurocerasus
13.III	Ficaria ranunculoïdes
13.III	Veronica hederaefolia
15.III	Mahonia aquifolium
15.III	Viola alba
19.III	Lamium purpureum
19.III	Stellaria media
20.III	Magnolia stellata
20.III	Arabis alpina
25.III	Prunus spinosa
27.III	Doronicum caucasicum
28.III	Taraxacum dens-leonis
29.III	Veronica chamaedrys
2.IV	Glechoma hederacea
4.IV	Saxifraga crassifolia
8.IV	Virbunum carlesi
8.IV	Kerria japonica
8.IV	Cerasus japonica
19.IV	Ranunculus arvensis
23.IV	Syringa vulgaris
24.IV	Aesculus hippocastanum
24.IV	Conium maculatum
24.IV	Corydalis lutea
25.IV	Capsella bursa-pastoris

DATES DE FLORAISONS	NOMS DES PLANTES
27.IV	Sorbus aucuparia
3.V	Saponaria ocymoides
10.V	Crataegus oxyacantha
10.V	Cytisus laburnum
16.V	Lupinus polyphyllus
18.V	Geranium rotundifolium
16.VI	Alopecurus pratensis
18.VI	Fumaria officinalis
18.VI	Polygonum lapathifolium
24.VI	Rosa Mme A. Meilland
27.VI	Lathyrus pratensis
29.VI	Convolvulus arvensis
29.VI	Convolvulus sepium
2.VII	Sedum kamtschaticum
2.VII	Sedum album
7.VII	Phlox decussata
11.VII	Polygonum aviculare
23.VII	Tanacetum vulgare
2.VIII	Solidago virga-aurea
2.X	Hedera helix
2.X	Aster amellus
15.X	Aubrietia deltoïdea (2e florais.)
30.X	Prunus laurocerosus (2e florais.)
30.X	Veronica chamaedrys (2e florais.)
	FEUILLAISONS.
7.III	Salix babylonica
12.III	Symphoricarpus racemosus
15.III	Ribes rubrum et nigrum
17.III	Crataegus oxyacantha
20.III	Syringa vulgaris
21.III	Aesculus hippocastanum (début)
27.III	Sorbus aucuparia
28.III	Cerasus japonica
28.III	Aesculus hippocastanum (pleine)
3.IV	Populus canadensis robusta
26.IV	Robinia pseudoacacia
10.V	Ginkgo biloba
11.V	Juglans regia
20.V	Fraxinus excelsior

DÉFEUILLAISONS

10.X	Sorbus aucuparia
11.X	Aesculus hippocastanum
15.X	Rhus cotinus
23.X	Crataegus oxyacantha
24.X	Tilia sylvestris
25.X	Ginkgo biloba
25.X	Fraxinus excelsior
28.X	Syringa vulgaris
29.X	Acer platanoïdes et pseudoplatanus
29.X	Populus italica
30.X	Cornus mas
4.XI	Forsythia vulgaris
10.XI	Robinia pseudoacacia.

Imprimerie UNIVERSA, Wetteren (Belgique)

Encyclopédie Agronomique et Vétérinaire

MANUEL DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES

par **V. LATHOUWERS**

Docteur ès Sciences. Professeur à l'Institut agronomique de l'État à Gembloux

Tome I : **L'Amélioration générale** — **En réimp.**
Tome II : **L'Amélioration du Froment**, 580 pp., 66 fig. — **150,00**

LE CHÊNE PÉDONCULÉ ET LE CHÊNE ROUVRE

Leur culture en Belgique

par **A. POSKIN**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

1 vol. 283 p., 54 fig., 1 carte en couleurs. — br. **65,00**

PHYTOTECHNIE DE L'HEVEA — (HEVEA BRASIL.)

Botanique — Amélioration — Culture et Exploitation

par **M. FERRAND**

Ingénieur Agronome (A. I. Gx), Chef de la Division de l'Hevea de l'I N É A C, Direc. du Centre de Rech. de l'Inst. de Rech. pour les Huiles de Palme et Oléagineux de Paris

1 vol. 432 p., 67 fig., 2 hors-texte — **110,00**

ÉLÉMENTS DE MICROBIOLOGIE GÉNÉRALE ET AGRICOLE

par **G. VERPLANCKE**

Chargé de cours à l' Université de Gand et à l'Institut agronomique de Gand

1 vol. in-8°, 328 pp., 105 fig. — **Épuisé**

LES BOVINS

par **J. LAHAYE** et **J. MARCQ**

Professeur à l'École de Méd. vétérinaire, à Cureghem. Professeur à l'Institut agronomique à Gx.

Tome I : **La Connaissance du Bétail**, 1 vol. in-8°, 208 pp., 166 fig. — **130,00**
Tome II : *Volume* 1. **Ethnographie. Hygiène. Reproduction.** — **En réimpr.**
Volume 2. **Alimentation**, 1 vol. in-8°, 644 pp., 20 fig. — **En réimpr.**

TRAITÉ DE PATHOLOGIE MÉDICALE DES ANIMAUX DOMESTIQUES

par **F. LIÉGEOIS**

Professeur à l'École de médecine vétérinaire, à Cureghem.

1 vol. XXVI-926 p., 4° édition, 1955. — **560,00**

LA FERTILISATION DU SOL ET LES ENGRAIS

par **R. MEURICE**

Docteur en Sciences. Directeur de la Stat. de Chimie et de Physique Agric. de l'Etat, à Gx.

1 vol. in-8° ill., 280 p. — **Épuisé**

TRAITÉ D'ÉCONOMIE RURALE

par **A. DELOS**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

Tome I : **La Terre**, 1 vol. in-8°, 280 pp., 25 fig., — br. **50,00**
Tome II : **Le Capital d'exploitation**, 1 vol. in-8°, 372 pp., — **Épuisé**

PRÉCIS DE DROIT VÉTÉRINAIRE

par **F. LIÉGEOIS**

Professeur à l'École de médecine vétérinaire, à Cureghem

1 vol. in-8°, 332 pp. br. **60,00**

TRAITÉ COMPLET D'AVICULTURE

par **J. LAHAYE, J MARCQ** et **E. CORDIEZ**

Prof. à l'École de Médecine vétérinaire, à Cureghem. Prof. à l'Institut agronomique à Gx.

1 vol. in-8°, 660 pp., 219 fig., 9 hors-texte en quadrichromie, br. **375,00**

LE CHEVAL

par **J. MARCQ** et **J. LAHAYE**

Prof. à l'Institut agron. à Gx. Prof. à l'École de médecine vétérinaire, à Cureghem

Tome I : **Extérieur du Cheval**, 304 pp., 193 fig. br. **175,00**

Tome II : **Zootechnie spéciale. Alimentation. Hygiène. Amélioration.** br. **425,00**

LA CANNE A SUCRE AUX ANTILLES FRANÇAISES

par **J. GUILLAUME**

Ingénieur, Chef de Fabrication aux Antilles.

1 vol. in-8°, IX-215 pp., fig. br. **56,00**

ÉLÉMENTS DE PATHOLOGIE VÉGÉTALE

appliquée à la Phytotechnie

par **Ém. MARCHAL**

Professeur émérite à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

P. MANIL et **R. VANDERWALLE**

Professeur à l'Institut agron. de Gembloux. Chargé de cours à l'Inst. agron. de Gembloux.

1 vol. in-8°, XXVI-540 pp., 205 fig. br. **290,00**

ÉLÉMENTS DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

Les bases scientifiques de la Phytotechnie

par **Ém. MARCHAL**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

1 vol. in-8°, XVI-344 pp., 131 fig. br. **225,00**

TRAITÉ DE SYLVICULTURE

par **A. POSKIN**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

1 vol. in-8°, 532 pp., 166 fig. br. **260,00**

A TRAVERS LES FORÊTS DE PINSAPO D'ANDALOUSIE

Étude de Dendrologie, de Sylviculture et d'Entomologie forestière.

par **A. BARBEY**

Expert forestier, Docteur ès Sciences.

1 vol. in-8°, 110 pp., 41 pl., br. **40,00**